



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
MECÁNICA

**“SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA FLOTA DE
CAMIONES KOMATSU 730E-6 PARA TRABAJO EN CONDICIONES
DE ALTITUD SUPERIOR A LOS 3500 MSNM.”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO

AUTOR:

CESAR ARTURO VILLAR NAVARRO

ASESOR ESPECIALISTA:

ING. MARTIN SIFUENTES INOSTROZA

ASESOR METODOLOGICO:

ING. JORGE LUJÁN LÓPEZ

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

SISTEMAS Y PLANES DE MANTENIMIENTO

TRUJILLO - PERÚ

2018

PÁGINA DEL JURADO

Mg. Alex Deyvi Tejeda Ponce

Presidente

Ing. Martin Sifuentes Inostroza

Secretario

Ing. Jorge Eduardo Luján López

Vocal

DEDICATORIA

A Dios que me dio voluntad de poder cumplir mis metas trazadas, fuerza y coraje para poder vencer los obstáculos presentados en este camino propuesto y poder cumplir con este propósito.

A mis Padres: Violeta y Leonardo por su gran e incondicional apoyo y dedicación, en todo el tiempo de mi carrera y mi vida, por nunca dejar de ser padres en el mejor y en el peor de los momentos.

A mi esposa: Celida
Esposa amiga y compañera que me apoya en todos los momentos malos y buenos de mi vida, con ahínco y paciencia y dedicación a nuestro matrimonio.

A mis Hijas: Liliana y Valentina dos hermosas niñas que son el motor de mi vida y la mayor inspiración de mi carrera y mi trabajo.

César Arturo

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios que me dio voluntad de poder cumplir mis metas trazadas, fuerza y coraje para poder vencer los obstáculos presentados en este camino propuesto y poder cumplir la meta como lo es el poder terminar el ciclo de la carrera universitaria de la cual estoy muy orgulloso.

A la empresa Minera Barrick Misquichilca por darme la oportunidad de poder demostrar mis capacidades como profesional en el área de mantenimiento, abriéndome un nuevo mundo en el rubro de la gran minería y el desarrollo de todos los conocimientos adquiridos.

A todos los compañeros de trabajo del departamento de Ingeniería de Mantenimiento mina - confiabilidad, por sus enseñanzas brindadas y depositadas en mi persona durante los años de trabajo.

A la universidad Cesar Vallejo por formarme como un profesional sólido con principios y valores capaz de resolver problemas que se presenten en el ámbito de trabajo.

Al profesor Ing. Jorge Lujan López, tutor académico, por brindarme en todo momento su orientación, especial y colaboración en la realización de la presente tesis. Al Asesor Ing. Martin Sifuentes Inostroza por volcar todos sus conocimientos y experiencias durante el proceso del desarrollo de la presenta tesis. A los compañeros de estudio y amigos que nunca perdieron el concepto de amistad en todo el tiempo de desarrollo de la carrera universitaria.

El autor

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo Cesar Arturo Villar Navarro con DNI N° 43337904, a efecto de llegar a cumplir con las disposiciones actuales vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo también, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se muestra en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, Julio del 2018

Cesar Arturo Villar Navarro

DNI N° 43337904

PRESENTACIÓN

Honorables miembros del Jurado:

En cumplimiento con las normas establecidas en el reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo de la ciudad de Trujillo, Departamento La Libertad, presento ante su persona y elevados criterios la tesis titulada:

“Sistema de gestión de mantenimiento para flota de camiones komatsu 730E-6 para trabajo en condiciones de altitud superior a los 3500 msnm “, con el propósito de mejorar la gestión del mantenimiento e incrementar la disponibilidad y confiabilidad de dichos equipos, y con el objetivo de ayudar a la empresa a ser más eficiente y competitiva cada día. El desarrollo de esta investigación Profesional fue desarrollado en una Compañía minera Barrick – Lagunas Norte – Huamachuco, donde se evaluaron los planes de mantenimiento para la flota de camiones eléctricos Komatsu modelo 730E-6, obteniendo un 86% de confiabilidad de un 64% que se tenía; impactando positivamente en los indicadores de confiabilidad y disponibilidad además costos de mantenimiento, logrando un ahorro significativo para la empresa.

Esperando cumplir con los requisitos de aprobación.

El Autor

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	17
1.1. Realidad problemática.....	18
1.2. Trabajos previos.....	18
1.3. Desarrollo de las variables del tema	27
1.4. Formulación del problema.....	45
1.5. Justificación.....	46
1.6. Hipótesis	46
1.7. Objetivos	46
1.7.1. Objetivo general.....	46
1.7.2. Objetivos específicos.....	47
II. MÉTODO.....	48
2.1. Diseño de investigación	49
2.2. Variables, operacionalización.....	49
2.3. Población-muestra	52
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	52
2.5. Métodos de análisis de datos.....	53
2.6. Aspectos éticos.....	54
III. RESULTADOS.....	55
3.1. Con respecto al objetivo específico 1: Se analiza la problemática la gestión de mantenimiento actual de los Camiones Komatsu 730E-6 de la empresa minera.....	56
3.1.1. Descripción actual de la empresa.....	56
3.1.2. Constitución e inscripción.....	56
3.1.3. Instalaciones.....	57
3.1.4. Detalle de operaciones en la Unidad Lagunas Norte.....	58
3.1.5. Descripción del área de mantenimiento.....	58

3.2. Con respecto al objetivo específico 2: Determinamos la disponibilidad y confiabilidad actual de los Camiones Komatsu 730E-6 de la compañía minera	61
3.2.1. Análisis de Disponibilidad.....	61
3.2.2. Análisis de confiabilidad.....	64
3.3. Con respecto al objetivo específico 3: Identificar las mejoras operativas y técnicas a realizar.....	68
3.3.1. Análisis de la situación actual de los camiones Komatsu730E-6.....	68
3.3.2. Agrupamiento de fallas según sistema de las unidades Pareto.....	69
3.3.3. Análisis de modos y efectos de falla según sistema (AMEF).....	71
3.4. Con respecto al objetivo 04: Elaborar las estrategias de reingeniería de gestión de mantenimiento.....	85
3.4.1. Etapa de Ejecución.....	87
3.4.2. Planeamiento de la gestión.....	91
3.4.3. Uso de indicadores de Ordenes de trabajo-Plan.	106
3.5. Respecto al objetivo 05: Determinar la disponibilidad y confiabilidad después de la implementación de las estrategias de reingeniería.....	107
3.5.1. Disponibilidad.	107
3.5.2. Confiabilidad.....	108
3.5.3. Confiabilidad después de la mejora del plan de mantenimiento.	109
3.6. Respecto al objetivo 06: Se determina la validación económicamente de la estrategia de reingeniería	110
3.6.1. Costo de hora de parada.	110
3.6.2. Costo de parada por hora antes del plan de mejora.....	110
3.6.3. Costo de parada después del plan de mejora.	111
3.6.4. Costo del plan de mantenimiento.	112
3.6.5. Costo de personal.....	113
3.6.6. Flujo de caja sin mejoras en el plan de mantenimiento (horizonte 6 años).	113

3.6.7. Flujo de caja con el plan de mantenimiento (horizonte 6 años).	114
3.6.8. Valor Actual Neto sin mejoras al plan de mantenimiento.....	114
3.6.9. Valor Actual Neto con mejoras al plan de mantenimiento.	114
4. DISCUSIÓN	115
5. CONCLUSIONES.....	118
6. RECOMENDACIONES.....	120
7. REFERENCIAS	122
ANEXOS	125
Anexo 01 Resumen de paradas antes de la aplicación del plan de reingeniería	126
Anexo 02 Resumen de fallas de parada según sistema	141
Anexo 03 Restructuración de formatos de inspección 125H.	142
Anexo 04 Restructuración de formatos de mantenimiento 250 H.....	144
Anexo 05 Creación de formatos de inspección de mangueras.....	147
Anexo 06 Restructuración de formatos del sistema de engrase.....	149
Anexo 07 Restructuración de control eléctrico de motores eléctricos.....	150
Anexo 08 Restructuración de control eléctrico de potencia.	151
Anexo 09 Restructuración de control de sistema hidráulico.	152
Anexo 10 Creación de formatos de motor diésel.	153

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables.....	50
Tabla 2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	53
Tabla 3. Resumen de paradas por unidad (Oct 2015 – Dic 2016)	61
Tabla 4. Confiabilidad de las Unidades Komatsu 730-E encontrada	62
Tabla 5. Resultados de la hipótesis estadística	66
Tabla 6. Fallas según sistema periodo de estudio	70
Tabla 7. Análisis de los reportes de paradas del sistema de propulsión	71
Tabla 8. Análisis de los reportes de paradas del sistema eléctrico	73
Tabla 9. Análisis de los reportes de paradas del motor diésel.....	75
Tabla 10. Análisis de los reportes de paradas de la cabina.....	77
Tabla 11. HH disponibles vs. HH requeridas	82
Tabla 12. Backlog - Año 2013	83
Tabla 13. Servicios correctivos ejecutados	83
Tabla 14. Análisis FODA actual	87
Tabla 15. Cadena de Valor – Mantenimiento	89
Tabla 16. Objetivos e Indicadores	91
Tabla 17. Formato-descripción puesto de trabajo	93
Tabla 18. Formato-Orden de Trabajo	98
Tabla 19. Formato Listado unidades - mes	101
Tabla 20. Criticidad - Sistemas de Unidades	104
Tabla 21. Confiabilidad después de la mejora del plan de mantenimiento.....	109
Tabla 22. Costo de parada por hora antes del plan de mejora	110
Tabla 23. Costo de parada después del plan de mejora. Unidad.....	109
Tabla 24. Costo del plan de mantenimiento	112
Tabla 25. Flujo de caja sin mejoras en el plan de mantenimiento	113

Tabla 26. Flujo de caja con el plan de mantenimiento	114
Tabla 27. Flujo de fondos sin mejoras al plan de mantenimiento.....	114
Tabla 28. Valor Actual Neto sin mejoras al plan de mantenimiento	114

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1:</i> Componentes principales del camión eléctrico Komatsu 730E-6 (fuente – Komatsu).	39
Figura 2 : Motor (QSK45).....	41
Figura 3: Alternador G.E. (GTA-22)	42
Figura 4: Motores de tracción	43
<i>Figura 5:</i> Funcionamiento de sistemas del camión eléctrico Komatsu 730E-6 (fuente curso de entrenamiento camiones Komatsu).	44
Figura 6: Organigrama del área de mantenimiento	60
Figura 7: Confiabilidad encontrada.....	65
Figura 8: Área de aceptación y rechazo para confiabilidad mayor a 35%.....	67
Figura 9. Diagrama de Pareto de las principales fallas por sistema	69
Figura 10: Diagrama de causa efecto de las principales fallas por sistema	71
<i>Figura 11:</i> Gráfico de Pareto de los reportes de paradas del sistema de propulsión.....	72
<i>Figura 12:</i> Diagrama de causa defecto de los reportes de paradas del sistema de propulsión.....	73
<i>Figura 13:</i> Análisis de pareto de los reportes de paradas del sistema eléctrico	74
<i>Figura 14.</i> Diagrama causa efecto de los reportes de paradas del sistema eléctrico.....	74
<i>Figura 15.</i> Diagrama de Pareto de fallas de motor diesel.....	76
<i>Figura 16.</i> Diagrama de causa efecto de fallas de motor diesel.....	76
Figura 17. Reportes de cabina	78
<i>Figura 18.</i> Análisis de Pareto de los reportes de paradas de la cabina.....	78
<i>Figura 19.</i> Organigrama del área de mantenimiento	80
<i>Figura 20.</i> Proceso de Servicio de Mantenimiento.....	79
<i>Figura 21.</i> Proceso de Servicio de Mantenimiento Correctivo.....	80
Figura 22. Etapas de plan de acción.....	85
Figura 23. Organigrama del Área.....	91

<i>Figura 24. Desarrollo de Registros y Documentos.....</i>	<i>93</i>
<i>Figura 25. Formato de Informe Técnico.....</i>	<i>96</i>
<i>Figura 26. Procedimiento de compras.....</i>	<i>100</i>
<i>Figura 27. Procedimiento - Capacitación de personal.....</i>	<i>104</i>
<i>Figura 28. Formato-toma de datos de Equipo.....</i>	<i>107</i>
<i>Figura 29. Codificación de Equipos.....</i>	<i>107</i>
<i>Figura 30. Hoja Resumen de Equipos.....</i>	<i>108</i>
<i>Figura 31. Diagnóstico de Averías.....</i>	<i>113</i>
<i>Figura 32. Procedimiento - Mantenimiento Preventivo.....</i>	<i>115</i>
<i>Figura 33: Implementación de Mantenimiento Predictivo.....</i>	<i>119</i>
<i>Figura 34. Implementación de Mantenimiento RCM.....</i>	<i>121</i>
<i>Figura 35. Análisis de modos de fallo.....</i>	<i>121</i>
<i>Figura 36: Número de los Servicios Realizados en durante el mes.....</i>	<i>122</i>
<i>Figura 37. Número de Informes Presentados.....</i>	<i>123</i>
<i>Figura 38. Tiempo de Respuesta Ante Averías.....</i>	<i>124</i>
<i>Figura 39. Disponibilidad de Uso de Elevadores.....</i>	<i>125</i>
<i>Figura 40. Programa de soluciones.....</i>	<i>126</i>
<i>Figura 41. Verificación de plan de acción.....</i>	<i>127</i>
<i>Figura 42. Confiabilidad de los Equipos Komatsu despues del plan de mantenimiento.....</i>	<i>129</i>
<i>Figura 43. Área de aceptación y rechazo para confiabilidad mayor a 35%.....</i>	<i>132</i>

RESUMEN

En el presente estudio se va a establecer si la reingeniería en el Sistema de gestión de mantenimiento para flota de camiones komatsu 730E-6 para trabajo en condiciones de altitud superior a los 3500 msnm, tiene impacto positivo en el incremento de la disponibilidad y confiabilidad de la flota de camiones eléctricos Komatsu 730E-6 en una empresa minera de la sierra liberteña. La investigación fue descriptiva, cuantitativa, transversal, el diseño es pre experimental, la muestra la constituyó 20 unidades Komatsu 730E-6 que son atendidas diariamente por el área de mantenimiento de la Unidad Lagunas Norte. Los resultados nos permiten concluir. El nivel de disponibilidad con el sistema de mantenimiento encontrado en las unidades Komatsu 730E-6 estudiadas fue de 64 %, después de la aplicación de las mejoras en el plan de mantenimiento propuesto el nivel de disponibilidad fue de 86 %, lográndose un incremento significativo de 22 %, logrando incrementar la confiabilidad de 2.24 horas a 54.4 horas con respecto a la confiabilidad de la flota de camiones entrenándose significativamente dicha confiabilidad.

Los costos promedio del mantenimiento con el sistema de manutención anterior fue de US\$ 49.203 (100%), luego de aplicado los correctivos en el plan de mantenimiento planteado éstos de parada son US\$ 30.760 (62.52%), lográndose una reducción significativa de US \$ 18.443 (37.48 %). La cantidad de paradas promediando fue por unidad de 18 por mes (100%) luego de ser aplicadas las mejoras pasó a 11 (63%), es decir hay una disminución de 6.7 paradas por unidad (37%). El análisis económico muestra en un horizonte de 6 años, el Valor Actual Neto de los costos si se sigue trabajando con el método empleado es US\$ 4'285,576.53, mientras que si se emplea las mejoras en el plan de mantenimiento el Valor Actual Neto es de US\$ 1'677,584.14. La relación beneficio costo >1 . Así se logró mejorar el plan de mantenimiento, por la tanto es más confiable, porque se redujeron las paradas y disminuyeron los costos, por lo tanto, se comprueba la hipótesis de investigación y se adquieren los objetivos trazados.

Palabras clave: Plan de Mantenimiento, optimización del mantenimiento, confiabilidad de maquinaria.

ABSTRACT

In the present study it will be established if the reengineering in the maintenance management system for the komatsu 730E-6 truck fleet for work in altitude conditions above 3500 meters above sea level, has a positive impact on the increase in the availability and reliability of the Komatsu 730E-6 electric truck fleet in a mining company in the Sierra Liberteña. The research was descriptive, quantitative, transversal, the design is pre-experimental, the sample was constituted by 20 Komatsu 730E-6 units that are attended daily by the maintenance area of the Lagunas Norte Unit. The results allow us to conclude. The level of availability with the maintenance system found in the Komatsu 730E-6 units studied was 64%, after the application of the improvements in the proposed maintenance plan the level of availability was 86%, achieving a significant increase in 22%, managing to increase the reliability from 2.24 hours to 54.4 hours with respect to the reliability of the fleet of trucks training this reliability significantly.

The average costs of maintenance with the previous maintenance system was US \$ 49,203 (100%), after applying the corrective measures in the maintenance plan, these standstill rates are US \$ 30,760 (62.52%), achieving a significant reduction of US. \$ 18,443 (37.48%). The number of stops averaging was per unit of 18 per month (100%) after being applied the improvements went to 11 (63%), ie there is a decrease of 6.7 stops per unit (37%). The economic analysis shows in a horizon of 6 years, the Net Present Value of the costs if it continues working with the method used is US \$ 4'285,576.53, while if the improvements in the maintenance plan are used the Net Present Value is of US \$ 1'677,584.14. The cost benefit ratio > 1. Thus, the maintenance plan was improved, therefore it is more reliable, because the stops were reduced and costs decreased, therefore, the research hypothesis is checked and the objectives set are acquired.

Keywords: Maintenance Plan, optimization of maintenance, reliability of machinery

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El presente trabajo ha sido desarrollado en una compañía minera de la empresa Minera Barrick Misquichilca, situada en Alto Chicama en el centro norte de Perú, ubicada a unos 140 kilómetros de Trujillo. Se localiza en el oeste de la Sierra, a una altura entre 4.000 y 4.260 msnm, cuya operación es a tajo abierto, donde el mineral es extraído de la tierra para realizar el proceso de extracción de oro a través de la técnica de lixiviación (extracción de sólidos a líquidos), dicho mineral es transportado por una flota de camiones Komatsu 730E-6 la cual es encargada de revolver la materia prima desde las zonas de voladura a las zonas de chancado. Es por esta razón que el equipo debe encontrarse el mayor tiempo que se pueda moviendo los materiales con alta disponibilidad y la confiabilidad.

Dado que estos son parte de las líneas principales del proceso de producción, el camión debe ser fiable y estará sujeto a planes de mantenimiento preventivo y correctivo, que actualmente se encuentran en un momento de mantenimiento y disponibilidad inadecuados en consonancia con los nuevos requisitos de la empresa. Las unidades 730E-6 no pueden responder completamente a estos requerimientos, debido a que su plan de mantenimiento original estaba basado en unidades nuevas, sin embargo, estas unidades que trabajan 24 horas llevan varios años requiriendo una actualización de sus planes de mantenimiento, pues a menudo tienen una incapacidad de corregir fallas de forma acertada, causando un costo más alto, al tener paradas de camiones que no están correctamente corregidos, dañando otros componentes.

1.2. Trabajos previos

Internacionales

Rojas (2014) en su estudio "Mejoras en la gestión de la planificación y pautas de mantenimiento en los camiones de carguío Diésel Komatsu 830E y 930E en la Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi", en su indagación ha desarrollado etapas para señalar y efectuar una congruencia para mejorar la gestión de la programación y planificación del mantenimiento actual estudiado

de la flota de camiones diésel de alto tonelaje, basado en un método mejorado de siete pasos de continuo. El procedimiento presentado en este trabajo es una variante del método de mejora continua para la empresa Minera Doña Inés Collahuasi.

El íntegro de vehículos pesados Komatsu (modelos 830E y 930E) es la parte esencial, porque constituye el 90% del camión de carga diésel total de la empresa. Al examinar la avería del equipo, hay una debilidad en la guía de mantenimiento para los dos sistemas de energía de la flota por la medida ineficiente de los arrollamientos de los resistores del aislamiento, si los generadores o los motores de la tracción están en la flota 830E y alternador en la flota 930E. Cambiando el estándar de la medida por el índice de la polarización, el estado del aislamiento puede ser entendido más exactamente, incluyendo la variable del calor, que no se considera en la medida actual. Además, la historia de los valores de la resistencia puede ser realizada, que podría predecir un cambio componente, por tanto, debe ser convertido así un cambio componente inesperado, por uno planeando, dándose de esta manera, un mantenimiento predictivo. Además, el establecimiento del cambio de la medida de la resistencia de aislamiento de la bobina, su puesta en práctica se puede extender a todos los bobinados presentes en los camiones, tal como el motor de la tracción en la flota de 930E o las dos flotas de bancos en una parrilla del soplador (blower).

Debido a los instrumentos que sirven para medir son los ya existentes, el límite de tiempo de la puesta en práctica de los cambios, que calculan el aislamiento de la bobina, son relativamente rápido y sin costes tan altos, de manera que solamente el personal deba ser instruido para saber cómo interpretar el índice de la polarización. Además, se debe añadir a la guía de mantenimiento que grafique la evolución de la resistencia de aislamiento. Por otra parte, el tiempo de detención de los equipos, no es tan relevante como montón de trabajo por hacer (horas-hombre) para hacer el mantenimiento, por lo que el cambio en la gestión de la planificación es más extenso.

Además, el factor más importante en el cambio en el enfoque de planificación jerárquica ya no es el tiempo de detención del equipo, sino la cantidad de trabajo requerido para mantenerlo.

Leguizamo (2011), en su trabajo investigativo "Gestión del mantenimiento para la sección de equipo caminero del Gobierno Municipal de Arajuno", En este trabajo se resume en la implementación del análisis FODA, la cual permite constatar que no existe ninguna organización administrativa técnica; dando como resultado ninguna responsabilidad, y las relaciones verticales y horizontales no se definen para causar la superposición de sus efectos y la falta de organización en el mantenimiento de la gestión determina que: el tractor Bulldózer International TD 15 C, su operatividad es considerada regular, por los años que tiene de uso y la inexistencia de un adecuado mantenimiento, por tanto los equipos: tractor Caterpillar D6N, Excavadoras Caterpillar 320 C y Case CX 210, Retroexcavadoras Case y JCB, Cargadora JCB 426ZX, Rodillo Bomag y Motoniveladora Case 845; los cuales operan a un proceso "bueno. Se carece de un taller autorizado para la lubricación, la vulcanización, la maquinaria industrial, la soldadura y otros servicios profesionales; ¿por qué el convoy fue a otras ciudades para tales reparaciones, Porque el equipo no es utilizable y el costo de mantenimiento es alto, hangar en la liberación de esta información el proyecto se distribuye de forma desordenada, que obstaculiza el funcionamiento de la cervecería y director de planta, retrasa en la construcción, y pone adelante la estructura administrativa técnica y su respectivo manual de la función en la sugerencia de poner en ejecución el nuevo sistema de gestión del mantenimiento optado; plan de mantenimiento y despacho: código de los equipo vial, orden de trabajo , requisitos materiales, tabla del inventario, tablero de la lubricación, nivel de mantenimiento y registro del mantenimiento; de nuevo, esto permitirá una mejor gestión y más disponibilidad de equipos de carretera.

Aguirre (2009). En su investigación "Mejoramiento de calidad en la mantención de camiones extracción Liebherr 282 b, división Codelco Norte", en su conclusión detalla la metodología Six Sigma y el desarrollo de un plan real que permitía el uso de las herramientas ya señaladas anteriormente, era posible recuperar algunas ideas sobre el uso y las ventajas del problema. Nuevas formas de evaluar y mejorar la calidad. Una consideración importante se relaciona con la información que se compilará para desarrollar seis

Sigma. La información debe ser altamente confiable para el uso posterior. Por lo tanto, la información es la base del estudio y por lo tanto estará sujeto a diversos errores de omisión, calibración baja del instrumento, y el estado de ánimo del observador.

Aunque esto es cierto, este método tiene una herramienta para verificar que la autenticidad de la información sea sólo una herramienta estadística de gestión del mantenimiento, por lo que los resultados están muy relacionados con los datos recabados de cualquier proceso de investigación.

La definición de un problema es también un elemento importante de la data informativa. Esta enunciación debe ser lo más confiable y precisa, como se ha indicado en los partes anteriores, y es importante establecer una buena relación con los clientes para asegurar que la información esté plenamente adaptada a las expectativas a fin de lograr este objetivo. Además, la consideración del estudio y esta relación cliente-empresa permite el uso de Six Sigma antes de que el problema surja con mayor insatisfacción, en primer lugar, ya que este método puede ser utilizado para la prevención y no corregir el propósito que suele ocurrir. La posibilidad de utilizar el software de soporte para el desarrollo de un proyecto basado en el enfoque Six Sigma es un factor de lujo porque asegura que los resultados obtenidos al utilizar los métodos estadísticos que posee proporcionan una alta fiabilidad y velocidad exponencial. En cualquier caso, la fiabilidad y la velocidad pueden reducir en gran medida el coste de la empresa, ya que el tiempo requerido para llevar a cabo estos cálculos se ha reducido enormemente.

Luego de desdoblar el Análisis Modo de Falla & Efecto (FMEA), se recomienda hacer estudios suplementarios para que se puedan conseguir causas específicas del problema, que corresponden a los ejemplos adjuntos a Six Sigma, de modo que sólo se mencionan algunas de éstas.

Sin embargo, existen dos enfoques básicos de las áreas que hay que mejorar, una de las cuales está relacionada con causas obvias, porque conduce a un pobre rol del proceso, que es más observable y de una simplicidad natural. Sin embargo, a veces es más eficaz experimentar algunas mejoras porque es imposible conseguir razones triviales. Puede ser observado que Six Sigma corresponde a las maneras de mejorar el proceso

de la insatisfacción del cliente, su desarrollo es muy sencillo, cuando tiene información eficaz y los resultados del uso de esta herramienta permiten obtener punteros de alta calidad, para asegurar el cumplimiento de las necesidades de los clientes, reducir los costos de producción, mejorar la rentabilidad, un mejor uso de los recursos, mejorar la imagen corporativa y así sucesivamente.

Por último, es necesario añadir que tales métodos aún no han sido utilizados a gran escala para resolver el problema en Chile. Sin embargo, Liebherr, con su filosofía como centro, desarrolla propósitos abarcando la totalidad de lo que produce y ofrece y está trabajando con sus usuarios para aumentar la satisfacción con estos temas e poner esta nueva herramienta a su aplicación en Chile como soporte para la creación de técnicos adicionales bajo la iniciativa del Liebherr Mining Chile.

Estrada y Estrada (2005) en su proyecto investigativo “Diseño e implementación de un programa de mantenimiento preventivo para vehículos y maquinaria pesada para la empresa SEMAVESA realizada en el Municipio de Tecún Umán, San Marcos” afirma: Donde se despliega este proyecto, no utiliza ni siquiera la prevención como instrumento para reducir el tiempo improductivo para la flota pesada, principalmente para tenerlos en condiciones operativas. El mantenimiento viene a ser el único medio para reparar vehículos y maquinaria, dando como resultado retrasos y altos costos de mantenimiento.

Para conseguir un plan de mantenimiento provisorio, se hace imperativo tomar las mejores condiciones de operación para vehículos y maquinaria pesada, esto, para comenzar el control total del equipo y poder medir la efectividad del plan. El uso de los estándares del fabricante para determinar los procedimientos de mantenimiento es necesario para mantener el funcionamiento de vehículos y máquinas, y para obtener el mejor uso. Al controlar el vehículo y el estado mecánico, es posible prever la avería, reduciendo así la probabilidad de avería recurrente. Cualquier plan de mantenimiento debe someterse a una revisión constante, retroalimentación y verificación, actualización y mantención activa, siempre queriendo mantener vehículos y maquinaria pesada en sus condiciones específicas. El éxito de los

programas de mantenimiento preventivo se debe a la participación y participación de la cultura, el mantenimiento de los miembros de la empresa, de los gestores a los asistentes técnicos. La falta de formación continua para los técnicos dedicados al mantenimiento de vehículos y maquinaria pesada es un factor que afecta los resultados esperados de los trabajos de mantenimiento preventivo.

Nacionales

Calderon (2014) en el estudio de investigación "Mejora del tiempo de operatividad de camiones volquetes en proyectos de mantenimiento vial, utilizando teoría de confiabilidad en un sistema simulado". Lo que busca es proponer diferentes esquemas para el tiempo de funcionamiento de un equipo de volquetes aplicando la teoría de fiabilidad en el sistema de simulación. Para alcanzar esta meta, con análisis de avería e investigación, el estado del carro de descarga se diagnostica, el propósito es utilizar la teoría de la confiabilidad para proponer esquemas alternativos para resolver la investigación para mejorar tiempo en marcha de la flota. Los resultados demuestran que, si la teoría de fiabilidad se aplica al sistema de simulación de las maquinarias, siendo posible de aumentar el tiempo de funcionamiento del grupo. Los métodos utilizados son no experimental, exploratorios y descriptivos.

Rodriguez (2012) en su investigación "Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento basado en la mantenibilidad de equipos de acarreo de una empresa minera de Cajamarca", llegó a establecer una pauta para medir la gestión de manutención de maquinarias de tracción: usando el MTTR, como la duración media a través del tiempo de falla en el equipo y el momento de reparación, disponibilidad mecánica, analiza la disponibilidad del equipo en términos de horas de funcionamiento y tiempo de producción total, y finalmente el atraso: Le permite analizar el tiempo que las tareas de mantenimiento permanecen en modo de espera. En el costo de mantenimiento de varianzas, se analiza el porcentaje de los costes de mantenimiento excedidos con respecto a los programados. Se analizaron los

criterios de investigación imperativos en el sostenimiento. Cabe destacarla que el alcance de la disponibilidad del equipo estuvo en el 87%, que está por debajo del 5% del equipo propuesto por la administración y que debe estar disponible para operaciones mineras, con una mantenibilidad de hasta 5,3 horas, y más del 0,3% del equipo técnico establecido para detener y reprogramar el intervalo de tiempo.

Los costos de mantenimiento son de varianza% más del 5%, lo que significa que los costos de mantenimiento se incrementan en un 5% del presupuesto para asegurar la disponibilidad del equipo. Las tareas programadas sin finalizar en un período de tiempo determinado no alcanzaron el 90% señalado (83%), faltó el 7% de tareas establecidas. Las recomendaciones de mejora análisis técnico y económico, en consonancia con la propuesta de gestión de la estrategia de mantenimiento van desde la formación del personal, la contratación de personal de calidad, la gestión de inventarios, y la implantación del módulo ERP, y la actualización equipos. Los costos asociados con estas recomendaciones ascendieron a USD 122.000 en el año 2012. La mejora de los resultados esperados del programa puede mejorar las directrices para la gestión del mantenimiento y establecer objetivos basados en los requisitos técnicos y de gestión. Las recomendaciones realizadas no sólo son técnicamente sino también económicamente factibles y han dado los siguientes resultados.

Con respecto a los planes de mantenimiento, es referido a las acciones humanas, traducida en actividades y tareas, que mantienen la calidad de los servicios de las máquinas, instalaciones y edificios en un entorno seguro, eficiente y económico. Es correctivo, si esas actividades son necesarias porque la calidad de los servicios se ha perdido y preventivo, para anticiparse ante posibilidad de la reducción de la calidad del servicio.(Newbroughe, 2000).

Desde el principio de la civilización, la gente se preocupó por su arado, su buey, y desarrolló el concepto de cuidado para su máquina útil. Luego la definición de sostenimiento se expande, como la protección de maquinarias para lograr la máxima disponibilidad (en sentido predecible). El sostenimiento actual implica el mantenimiento total de la producción de la organización

basado en el nuevo concepto, que permite el mantenimiento productivo a través de pequeñas actividades grupales que involucran la estructura organizacional de empresas o instituciones a todos los niveles (Dounce, 1998).

Vidal (2009), en su estudio “Estudio del cálculo de flota de camiones para una operación minera a cielo abierto”, se dedicó a calcular el mejor número de camiones en óptimas condiciones que transportan mineral y desmontaje en operaciones de minería de cobre a tajo abierto. Con este fin, se estableció y describió un trabajo minero en la parte sur del país, que llevó a cabo la planificación minera durante el período de 17 años. Así se llevó a cabo la investigación económica de la mina para confirmar viabilidad y que se encontraba dentro de las medidas de la mina que se estaba implementando. El proyecto se encuentra en la segunda fase, ya que estuvo recuperando óxidos para manipular y reciclar el cobre durante varios años de operación; en esta segunda fase, comenzó a adquirir sulfuros, comenzando un nuevo trabajo para el tiempo de vida de la mina. En cualquier operación minera, la porción de transporte del mineral y el desmantelamiento de la parte de la planta procesadora y el vertedero son críticos, ya que durante los años durante los cuales el proyecto dura estas distancias (con plantas y vertederos) variará muy fuertemente. La planificación adecuada de la fase de colocación de minas (FASES1) asegurará que lo planificado se logre. Por lo tanto, puesto que la planificación de minas se centra en el transporte de minas, los cálculos y estimaciones pueden calcularse sobre la base de la cantidad de material que se espera que se mueva durante la vida del proyecto, ayudando así a lidiar con el tamaño de la flota de este transporte, que se computa, en los primeros doce meses abarca todo lo relativo a camiones, y logre el funcionamiento de los requisitos utilizados, tales como: pala para el tiempo de carga, la distancia al alambre, factores de relleno, resistencia del balanceo, tiempos de la descarga, cuesta de la pista y así sucesivamente.

La información de entrada del sistema se realiza a través de variables y operaciones, por lo que es el mejor cálculo de la flota y se desarrollará a lo largo del papel.

Chang (2008), en su tesis “Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento preventivo para una pequeña empresa del rubro de minería para reducción de costos del servicio de alquiler” explica una acción realizada para llevar a cabo un modelo de gestión de mantenimiento reducirá el costo incurrido en el funcionamiento de las pequeñas empresas que prestan servicios de alquiler de compresores de tornillo a través de un análisis de situación. El autor cree que, en el análisis del modelo de gestión de mantenimiento propuesto, a través de la aplicación de una variedad de utensilios ingenieriles, se puede reducir la problemática en 69%, lo invertido se restablecerá el 1 de julio, debido a un mantenimiento correctivo excesivo causado por altos costos. Se señaló que, debido a la falta de control preventivo, la dirección no sabía el costo de las oportunidades, el sistema de seguridad no funcionaba eficazmente, las piezas de repuesto eran escasas y los costos de mantenimiento eran altos.

Esta mejora será la primera fase porque la mejora continua puede seguir mejorando la capacidad de esta organización. A lo largo de la ejecución del plan macro, se vio poco efecto durante la terminación del plazo, y la capacidad de gestión de los dirigentes de nivel medio no fue determinante para estar al frente de todas respuestas, debido a que la estructuración horizontal fue de poca capacidad para determinar todas las soluciones, porque la estructura organizativa de modelación plana, que se basó en la incapacidad de los gerentes medios para liderar los cambios, condujo a la incapacidad de la sede para delegar el personal subordinado. El número de oficinas centrales intermedias ha disminuido, ya que la carga de trabajo en cada sede no puede llevar a cabo una organización de procesos para implementar soluciones que conduzcan a la incapacidad de la sede para involucrarlos. La labor cotidiana del jefe de operatividad y el jefe del taller ocuparon casi todo el tiempo, limitando su disponibilidad para llevar a cabo las tareas necesarias en su momento y prorrogando el plazo para la aplicación de la solución.

1.3. Desarrollo de las variables del tema

1.3.1. Mantenimiento.

Viene a ser un método formativo que avala la disposición, diversificación y mantenimiento del equipo en lo que respecta a su operatividad, es decir implica un ahorro, visto de esta forma en la actualidad, el mantenimiento es considerado una base prioritaria de la organización empresarial siempre y cuando sea tomado con la seriedad respectiva y su competitividad respectiva. El sostenimiento significa apoyo, tiene su costo que no es controlado como debe ser. En la figura1, se observa las predisposiciones de mantenimiento.

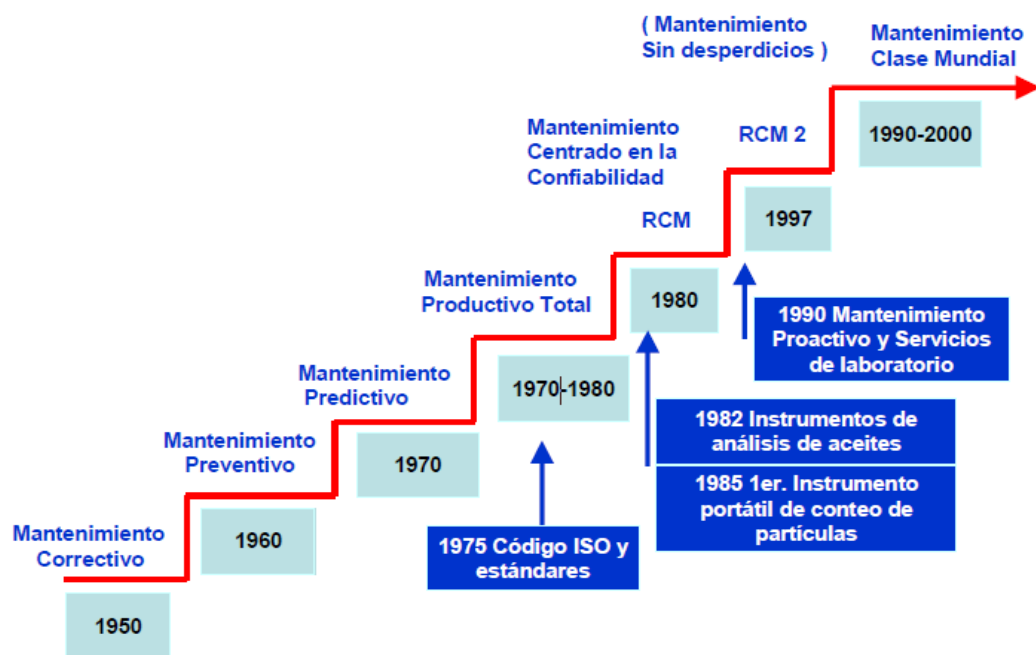


Figura 1: Tendencias de Mantenimiento en el tiempo (fuente Gestión del Mantenimiento – Noria Latín América).

1.3.1.1. La Misión del mantenimiento

Su misión es certificar que la maquinaria funciones en forma óptima, para ello es necesario aplicar y luego prevenir las averías, mejoramiento continuo, etc. Con la finalidad de establecer tres funciones, como son:

- Disponibilidad y confiabilidad de los equipos o sistemas.
- Seguridad propia de los equipos.
- Dirección eficaz de los recursos.

Si las cosas no fallarían no habría mantenimiento y por ende toda clase de gestión desarrollada no serviría de nada puesto que los equipos serían altamente confiables e indestructibles. Es por eso que la tecnología del mantenimiento excelente denominado mantenimiento de clase mundial, debe saber sobre todo encontrar y aplicar estrategias apropiadas para administrar las fallas y el desafío que estas generan en los diferentes departamentos de mantenimiento. Se ha desarrollado un crecimiento explosivo en los últimos años en los nuevos conceptos, enfoques y técnicas de mantenimiento.

1.3.1.2. La Visión del mantenimiento.

Es aquella que en los diferentes enfoques de gestión aplicada y estrategias de mantenimiento desarrolladas sean sostenibles en el tiempo con la mayor cantidad de resultados confiables y de fácil demostración al menor costo generado impactando significativamente en la producción de la empresa.

1.3.2. Mantenimiento preventivo.

Constituye lo planificado realizado para afrontar las averías, este mantenimiento fue desarrollado pensando en señalar las averías de las maquinarias, es un proceso de servicios periódicos (rutinarios) y con frecuencias establecidas y definidas al equipo.

1.3.3. El mantenimiento predictivo.

Es aquel que está sustentado en el valor de la salud. Se establece en el postulado que las maquinarias deben actuar dando a conocer el problema

mediante el uso de algún tipo indicativo. Luego deben de ser interpretados analizados por personal capacitado y calificado siendo capaz de discernir cuando la maquinaria puede sufrir alguna varía, este tipo de mantenimiento toma en cuenta a los gráficos de análisis con la finalidad de establecer las averías de acuerdo al método empleado, en la figura 2, observamos el monitoreo de la condición desde el punto donde se inicia la desviación hasta el punto donde ocurre la falla.

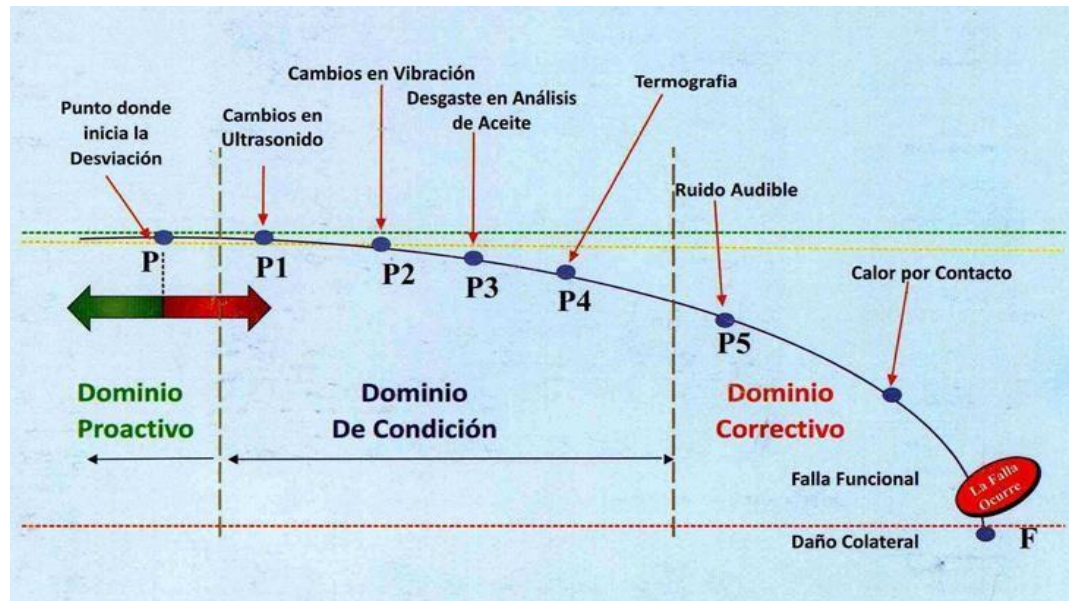


Figura 2: Técnicas del mantenimiento predictivo, (fuente Gestión del Mantenimiento – Ipeman).

1.3.4. Mantenimiento correctivo (de falla).

Este tipo de mantenimiento se basa en un enfoque antiguo, en qué se tiene que reaccionar ante la falla presentada de un componente o sistema, sin la realización de ningún tipo de planificación ni programación. Se genera aquí la reparación imprevista de fallas, como resultado de este tipo de mantenimiento se tiene la baja disponibilidad del equipo y elevados costos de mantenimiento lo cual resulta altamente perjudicial para la empresa, este tipo de mantenimiento se centra en el cambio o reparación después de la falla, esta clase de sustento es el que se lleva a cabo solo cuando el dispositivo no puede continuar funcionando normalmente; siempre que se aplique este tipo de mantenimiento se caerá en un círculo vicioso como consecuencia de altos

costos de mantenimiento y baja producción, en la figura 3, se muestra círculo vicioso del mantenimiento correctivo.



Figura 3: Ciclos del mantenimiento correctivo (fuente Noria Latín América).

1.3.5. Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM).

Es una técnica aplicada entre 1960 y 1970 para contribuir con la sociedad en la implantación de políticas que busquen que las funciones mejoren y permitan el manejo adecuado de sus averías. Se originó en la aeronáutica. Es el más seguro.

El objetivo principal del RCM es conservar primero la función de sistema o sistemas, antes que la función del equipo y como esto afecta en la confiabilidad del equipo (Gonzales, 2006). Como filosofía del proceso de sustento, está basado en la pertinencia de llegar a perfeccionar la Confiabilidad Operacional de un proceso ya funcionando con características ya establecidas.

Respecto a las ventajas del RCM, se pueden mencionar:

- Si se aplica RCM, se puede lograr reducir la cantidad de mantenimiento rutinario del 100% hasta un 40% a 70%.
- Su estructura de lenguaje técnico es común, sencillo y fácil de comprender para todos los trabajadores que estén vinculados al

proceso RCM. Es usado para identificar las acciones de mantenimiento más aplicables y más efectivas.

1.3.6. Plan de mantenimiento.

Hernández (2010), dice que el propósito del plan de mantenimiento es poder mantener continuamente la máquina en perfecto funcionamiento para poder obtener su máximo rendimiento al menor costo de funcionamiento. Sin embargo, existe cierta discusión en el alcance del mantenimiento preventivo. Muchos consideran que esto se resume a inspecciones periódicas en el equipo; sin embargo, este tipo de mantenimiento incluye no sólo la eliminación de fallas o el comportamiento anormal de las actividades, si no estandarizarlas, reducir los costos de operación, aumentar la vida de las máquinas y el equipo. Un plan de mantenimiento debidamente administrado proporciona una guía detallada de cada dispositivo, sistema o componente, descomponiendo toda la máquina en sus diferentes sistemas generando una correcta administración del mantenimiento y que este sea direccionado al sistema de gestión de la empresa que desarrolla dicho plan.

Cada plan de mantenimiento debe tener un registro continuo de todas las operaciones de máquina y servicio realizadas en la máquina o equipo. Es fácil de llevar, fácil de leer y siempre actualizado (Puccia, 2014).

La EFNMS (Federación Europea de Asociaciones Nacionales de Mantenimiento) la conceptúa: como El propósito de esto es desarrollar un proceso, un grupo de actividades técnicas y administrativas con el propósito de preservar o restablecer partes o partes, o una condición que puede ser desarrollada.

1.3.7. Falla.

Las fallas, según Martínez (2010), referido a un evento en el que un equipo o sistema completo no cumple o ejecuta parcialmente sus funciones. Un defecto de un sistema o componente es un cambio en la capacidad de la función para lo cual fue diseñado. No es necesariamente algo fatal, pero puede definirse como un cierto grado de desviación del carácter de calidad en relación a su valor nominal.

Se dividen así: Los fracasos tempranos pasan al comienzo de la vida útil y representan una cantidad exigua de interrupciones totales. Las causas pueden ser múltiples, por estado de funcionamiento o por otra vía.

Fallos tardíos: son una parte reducida de las averías totales, aparecen lentamente y se producen en la fase final de la vida de utilidad del producto.

Tipos de falla:

1.3.7.1. Falla evidente.

Acá la persona encargada, su función es encontrar la avería, recurriendo a sus sentidos. (Trocel, 2007).

1.3.7.2. Falla oculta.

Lo que no se puede detectar durante el funcionamiento normal de los dispositivos, estos fallos se producen al realizar un acto no correcto, así si una válvula de seguridad sobrepasa la presión permitida, funcionará correctamente o no. (Trocel, 2007)

1.3.7.3. Falla incipiente.

Se presenta como consecuencia del deterioro presentado, que permite predecir el tiempo de falla. El principio es el tiempo en que se detecta el fallo. Seguimiento de los parámetros correspondientes y la definición de los valores permisibles constituye algo fácil. (Trocel, 2007).

1.3.7.4. Equipo.

Está constituido por un equipo identificado, que sirve para al menos cumplir una función específica relevante. Por lo demás, es un activo económico y técnico relacionado al mantenimiento en sus diversos tipos. Por ejemplo: motores, bombas, intercambiadores de calor, compresores de turbina, reductores, etc. (Torres, 2007).

1.3.7.5. Sistema.

Integrado por un equipo que realiza una determinada función, por lo tanto, la mayoría se configura de acuerdo con los procesos que realiza el equipo o el componente. Por ejemplo: sistema de bombeo, planta de la purificación del agua, sistema de la generación de energía, etc. (PDVSA, 2005).

1.3.8. Efectividad operacional.

Mide el desarrollo del mantenimiento y si las acciones que se optaron son efectivas en cuanto al comportamiento de función y operación de las instalaciones, sistemas, componentes equipos y dispositivos, además permiten medir la calidad de los trabajos y grado de cumplimiento de los planes de mantenimiento que se desarrollan en las gestiones. Así como evaluar si estos planes están siendo efectivos o no con relación al tiempo y al costo.

1.3.8.1. Disponibilidad.

Es el factor que nos indica la medida de que cuanto tiempo un equipo o sistema está operativo respecto a la duración total durante la que hubiese deseado que este funcione. Esta disponibilidad como un factor se expresa en valor de porcentaje (% disponibilidad), la disponibilidad la podemos obtener:

$$D(T) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

MTBF: tiempo medio entre fallas.

MTTR: tiempo medio para reparación.

1.3.8.2. Tiempo medio entre fallas (MTBF Mean Time Between Failure).

Es el valor del tiempo promedio que un equipo ya sea máquina, sistema línea o planta cumple su función determinada para la cual fue diseñada sin interrupción debido a una falla funcional. Se obtiene dividiendo el tiempo total de operación entre el número de paradas por fallas de función del equipo.

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total de operación (TTO)}}{\text{Numero de fallas (\#F)}}$$

TTO= Tiempo Total de Operación en el periodo

#F= Número total de fallas.

1.3.8.3. Confiabilidad.

Se define como la capacidad debe tener un producto de poder realizar su función de la manera prevista. Dicho de otra forma, la confiabilidad se define también como la probabilidad en que un producto, sistema, componente o planta realizará su función prevista sin incidentes por un período de tiempo especificado y bajo condiciones indicadas.

1.3.8.4. MTTR (Tiempo Medio para reparar).

Constituye el tiempo promediado para reparar la funcionalidad de un dispositivo, luego que ha presentado una avería funcional. Son tomados en cuenta también el análisis y diagnóstico de la avería, restauración, el planeamiento, etc.

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Tiempo empleado para restaurar (TTR)}}{\text{Numero de fallas totales (\#F)}}$$

TTR= Tiempo Total empleado en restaurar la operación después de cada falla.

#F= Numero de fallas totales.

1.3.9. Herramientas asociadas al mantenimiento.

Según Bonilla E.; Díaz B.; Kleeberg F. y Noriega M. (2012) estas son algunas herramientas para la identificación y selección de problemas que deben solucionarse o mejorar un indicador en la organización, así como las alternativas de solución que se puedan implementar para la mejora de los indicadores de la gestión.

1.3.9.1. Diagrama de Pareto.

Paredes (2012), refiere que es una técnica gráfica, que señala la problemática principal donde se deben dirigir las soluciones. Viene a ser una manera de comparar en forma cuantitativa los datos administrados para que produzcan efectos.

1.3.9.2. Gráfico de barras.

Un gráfico de barras es un indicador estadístico que refleja los resultados de datos previamente analizados, basados en una investigación. Es decir, es una manera de representar los resultados de un análisis por medio de figuras, específicamente barras para posterior toma de decisión o análisis más detallado.

1.3.9.3. Gráfica de línea.

Es una forma de tendencia actual de poder representar gráficamente los valores obtenidos de las variables de un problema en estudio, logrando generar tendencias de una serie de datos en el tiempo analizado.

1.3.9.4. Diagrama causa-efecto.

El diagrama causa-efecto detalla lo que originó un problema, se describe adoptando la figura de espina de pez, donde se abordan las causas y consecuencias.

1.3.10. Análisis de modos y efectos de falla según sistema (AMEF).

El análisis del Modo y Efectos de Fallas (AMEF), es actualmente una herramienta técnica más utilizada en los últimos años para el análisis de riesgos, donde analizamos de manera detallada, con frecuencias de tiempo, situaciones y tomamos medidas para minimizar los riesgos posibles que se encuentran del análisis para generar menor impacto en la empresa. Se examinan los procesos de diseño y fabricación, e identifican oportunidades de mejoras para las deficiencias y defectos que pueden generar a la insatisfacción de la empresa, los beneficios que se logran de una implantación

de AMEF en un sistema son:

- Identificar las fallas principales o defectos antes de que estos ocurran.
- Reducir los altos costos de garantías.
- Incrementar la confiabilidad y disponibilidad de los productos/servicios (reduce los tiempos muertos de la gestión y los re-trabajos).
- Los procesos de desarrollo de las tareas serán más cortos.
- Documenta los conocimientos sobre todos los procesos.
- Incrementa la satisfacción del cliente posterior a la implementación.
- Mantiene el Know-How en la compañía.

Dentro del proceso de desarrollo del AMEF como actividad importante es poder determinar el NPR (Número de prioridad de riesgo), el cual se obtiene por la multiplicación por tres índices de probabilidad, los cuales son la **Gravedad** o **Severidad**, el nivel de **Ocurrencia** y por la facilidad de **Detección**, esta determinación está dada por la fórmula:

$$\text{NPR} = \text{GXOXD}$$

En el proceso de análisis de modos de fallos (AMEF), el cual es un proceso de mejora continua constantemente que busca la excelencia en la calidad de los productos, por tal motivo siempre se debe estructurar dicho análisis con la finalidad de hacer todos los análisis que sean necesarios para mejorar los indicadores de calidad final del producto. En la figura 4, se muestra el diagrama de la metodología de análisis de modos de falla y sus efectos.

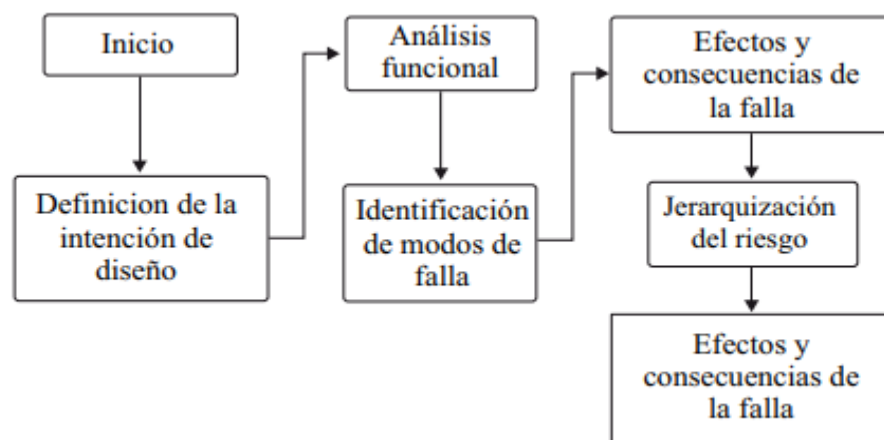


Figura 4: Metodología de análisis de modos de falla y efecto (AMEF).

1.3.11. Análisis de criticidad.

Tiene como metodología a la jerarquización de los sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin principal de optimizar el proceso de asignación de recursos (técnicos, económicos y humanos).

CRITICIDAD TOTAL= Frecuencia de falla x Consecuencia

Los criterios que siempre se emplean en general son los siguientes:

- La seguridad.
- El ambiente.
- La producción.
- Los costos (operacionales y de mantenimiento).
- Las frecuencias de fallas.

Las conclusiones finales del AMEF, son aquellas que nos permiten tomar las acciones de manera correctivas, preventivas y predictivas sobre el diseño del producto para aumentar la fiabilidad y la seguridad del mismo. Las conclusiones del AMFE y las acciones correctivas para eliminar los modos de fallos, en la figura 5 se muestran cómo se organizan según los criterios de la matriz de decisión.

- **SEVERIDAD (S):** Determina la Severidad del Fallo y sus efectos, también llamada “Gravedad”.
- **OCURRENCIA (O):** Determina la Ocurrencia del Fallo y sus efectos.
- **DETECCIÓN (D):** Determina los criterios y pruebas para la detección de Fallos y sus efectos.
- **CRITICIDAD:** Criticidad de los Modos de Fallos y sus efectos.



Figura 5: Matriz de riesgo (AMEF).

1.3.12. Camión eléctrico Komatsu 730E-6.

El camión eléctrico Komatsu 730E-6 es un camión de la serie híbridos puesto que su estructura y función lo designa así, considerándolo como un camión de última generación pues su sistema de control propios del equipo como software de control de diseño propio y componentes electrónicos de avanzada hacen de este una maquina completa, lanzado por la marca Komatsu como equipo de gran minería.

Por su tipo de estructura se designa como camión rígido, son destinados a la gran minería que por sus magnitudes propias del equipo solo son usados por empresa de explotación a tajo abierto ya que consta con una capacidad neta de 200 toneladas métricas de carga que son almacenado en su tolva como herramienta principal de trabajo, considerados como camiones fuera de carretera, en la figura 6 se muestra la imagen del camión.



Figura 6: Camión eléctrico Komatsu 730E-6 (fuente – Komatsu).

1.3.12.1. Características generales Camión eléctrico Komatsu 730E-6.

Dentro de las características principales de funcionamiento del camión se puede mencionar a aquellas que son necesarias para que el camión funcione y que son necesario de mencionar, como los principales sistemas y componentes del camión, en la figura 7 se muestra los sistemas y principales componentes.

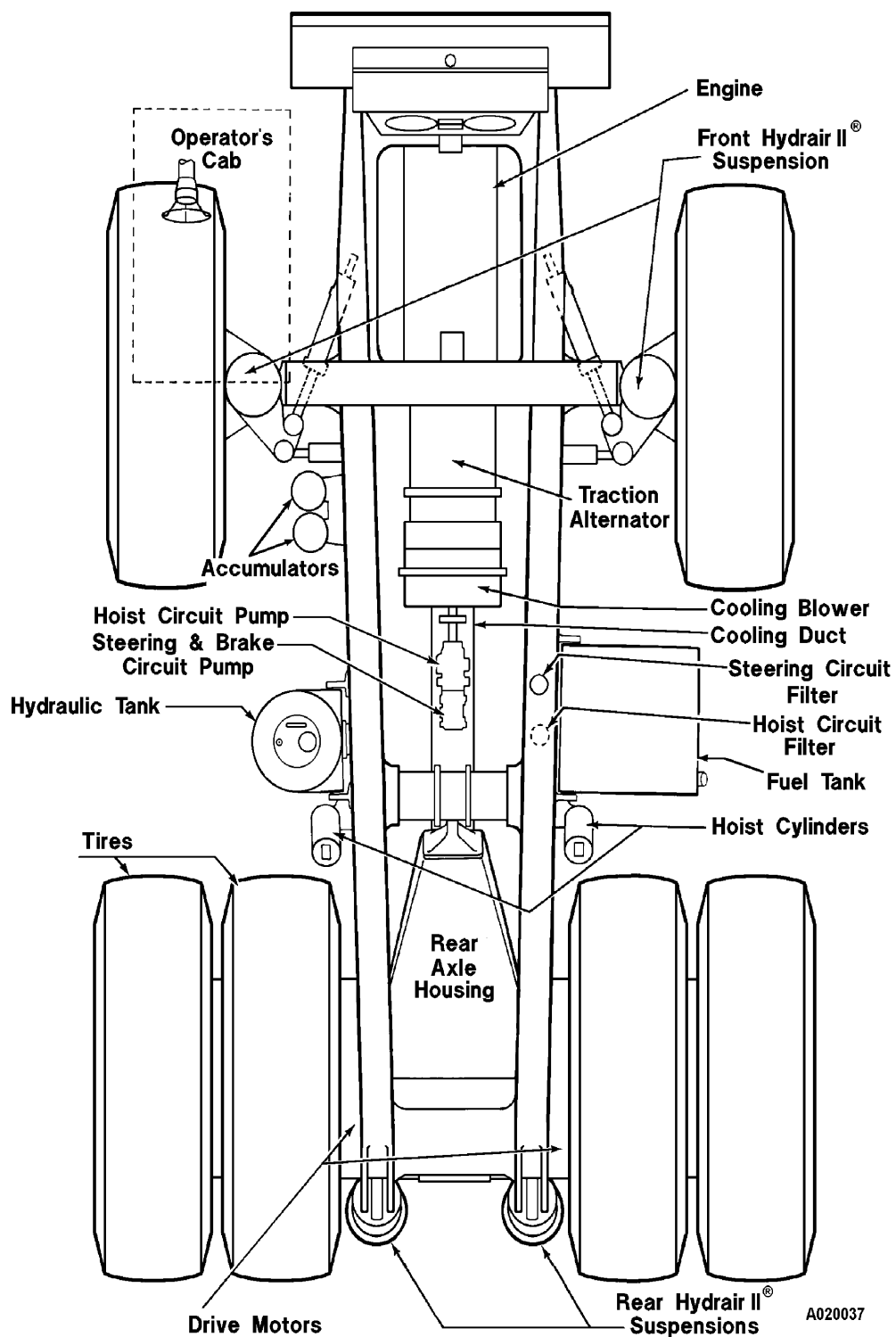


Figura 7: Componentes principales del camión eléctrico Komatsu 730E-6 (fuente – Shop Manual Komatsu 730E).

1.3.12.2. Motor (QSK45 o K2000).

El camión consta de un motor diésel turbo intercooler QSK45 (1491 kW 2,000 HP) @ 1900 RPM, es un motor de cuatro tiempos con 16 cilindros de estructura en "V", sobrealimentado por 02 turbos de alta 02 turbos de baja; altamente confiable de fácil mantenibilidad y confiabilidad monitoreado en tiempo real sus parámetros de operación para un diagnóstico por su unidad de control electrónico (ECM Cense), haciendo más fácil el diagnóstico de fallas que se presentan en el motor, en la figura 8 se muestra la imagen del motor.



Figura 8 : Motor (QSK45-K2000), Fuente – Revista Cumins.

1.3.12.3. Alternador G.E. (GTA-22).

Es uno de los componentes principales G.E (General Electric) GTA-22, consta con un rotor de ocho polos de alta calidad salientes, trifásico, auto excitado con estructura de conexión en estrella y devanados terciarios, el rotor del alternador en la parte frontal se conecta directamente el cigüeñal del motor diésel mediante un control directo o una placa adaptadora y una placa flexible sujeta por pernos. En la parte posterior consiste en dos anillos rasantes como colectores, el rotor es apoyado por un cojinete circular y el peso de la estructura es soportado en el sub chasis del equipo.

Es el encargado de generar corriente eléctrica alterna al sistema de control de la propulsión, en la figura 9 se muestra la imagen del alternador.

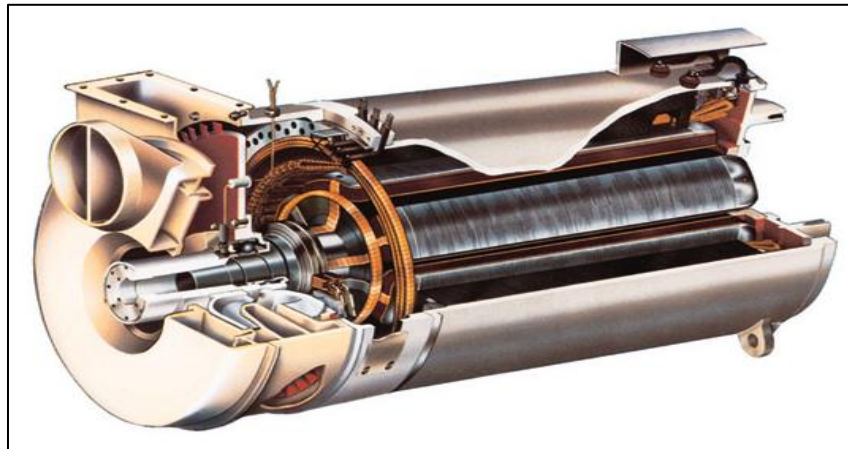


Figura 9: Alternador G.E. (GTA-22). Fuente – Revista Komatsu.

1.3.12.4. Motores de tracción.

Los motores de tracción (MTs), están ubicados dentro de cada estructura de rueda trasera en ambos lados y reciben la energía eléctrica del alternador, que pasa a través de un proceso de corrección de corriente alterna a corriente directa. Las dos máquinas de tracción convierten la electricidad en energía mecánica a través de la caja de transferencia reduciendo los engranajes incrustados en la estructura de la rueda, generando el movimiento del equipo. La dirección de los motores eléctricos de tracción (MTs) es controlada por la palanca selectora de avance o retroceso de activación manual situado en una consola en el habitáculo en el lado derecho del operador, en la figura 10 se muestra la imagen de los motores de tracción.

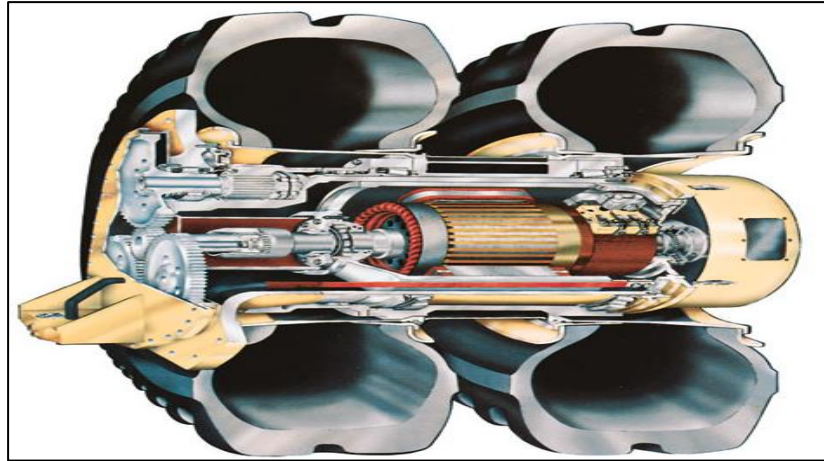


Figura 10 : Motores de tracción. Fuente – Revista Komatsu.

1.3.12.5. Sistema de propulsión.

La principal diferencia en el funcionamiento de la flota 730E en relación a otros camiones como 830E y 930E es el sistema de propulsión. Los motores de la tracción de la flota de 730E funcionan en corriente directa mientras que los de la flota 830E en 930E con la corriente alterna.

El sistema de accionamiento eléctrico de ambas flotas es parte del motor diésel, que genera energía mecánica a partir de la combustión del combustible. Esta acción se pasa al alternador principal por medio de la manivela, que la convierte a la corriente alterna trifásica. Esto entonces se convierte a la corriente directa con la ayuda del rectificador principal trifásico del lleno-onda. Como sistema principal del equipo requiere sumo cuidado en las tareas de mantenimiento por la estructura de componentes electrónicos de última generación el cual requiere ser atendido por personal calificado, en la figura 11 se muestra la imagen del funcionamiento del sistema de propulsión.

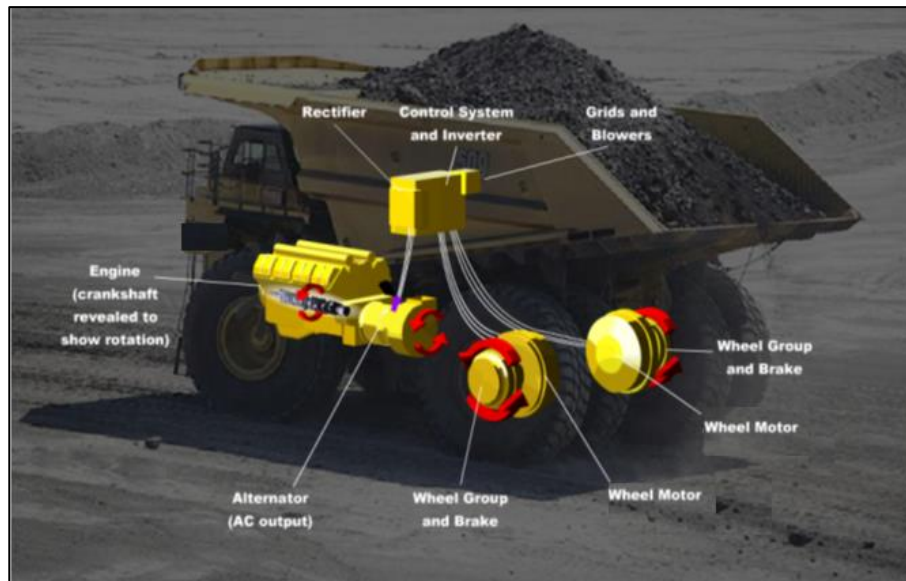


Figura 12: Funcionamiento de sistemas del camión eléctrico Komatsu modelo 730E-6 . Fuente curso de entrenamiento camiones Komatsu.

1.3.12.6. Sistema hidráulico general del equipo.

Todos los sistemas hidráulicos en general de maquinaria pesada tienen un principio de teoría, basada en las fundamentales de los líquidos, el sistema hidráulico del camión consta de: bombas hidráulicas de paletas y engranajes rectos, válvulas de control, líneas de trabajo, sistemas de control integrados etc.

1.3.12.7. Sistema eléctrico.

Todas las máquinas consisten en un sistema eléctrico que facilita muchas funciones, consistiendo en: baterías, alternador, arrancador, sensores.

1.3.12.8. Sistema de frenos.

El camión está equipado con una serie de mecanismos para reducir la velocidad o dejar de hacerlo completamente permitiendo que se ejecute en las mejores condiciones de seguridad, tiempo y distancias mínimas y máximas, manteniendo la órbita segura del vehículo, con un frenado proporcional al esfuerzo del operador.

1.3.12.9. Sistema de suspensión.

Las suspensiones de un vehículo tanto de pequeña capacidad de transporte como de gran magnitud tienen como principal objetivo Absorber las desigualdades del terreno sobre el que se desplazara, a la vez que mantiene las ruedas en contacto con el terreno, proporcionando un adecuado nivel de confort y seguridad de marcha y sus funciones básicas son:

- Reducción de fuerzas que se generan en el chasis causadas por irregularidades del terreno.
- Control de la dirección del vehículo.
- Mantenimiento de la adherencia de los neumáticos a la carretera.
- Mantenimiento de una correcta alineación de las ruedas.
- Soportar la carga del vehículo.
- Mantenimiento de la altura optima del vehículo y el control del centro de gravedad del mismo.
- Conservar la geometría del vehículo y evitar desgastes prematuros en los neumáticos.

1.3.12.10. Sistema de carrocería o chasis.

El chasis es el marco que soporta toda la máquina, hoy en día se calculan todos los problemas a presentarse mediante nuevos métodos de ingeniería como elementos finitos para lograr conseguir el peso ideal de este elemento y con una mayor duración en el tiempo de vida, esto depende de la máquina en cuestión, el tipo de la configuración puede ser más o menos rígida para que pueda soportar todos los componentes involucrados en la máquina, este sistema está formado por: chasis, protecciones, bastidor.

1.4. Formulación del problema.

¿En qué medida la implementación de un plan de reingeniería de sistema de gestión de mantenimiento permite mejorar la disponibilidad y confiabilidad de la flota de camiones Komatsu 730E-6 de la empresa

Minera Barrick Misquichilca, para trabajos en condiciones de altitud superior a los 3500 metros sobre el nivel del mar?

1.5. Justificación.

Se justifica por su utilidad pues permitirá documentar una opción de mejora de disponibilidad y confiabilidad de unidades mineras de alto carguío adaptándola a las circunstancias de la empresa, mejorando la eficiencia y competitividad contribuyendo al desarrollo socioeconómico de la región. De otro lado, presenta relevancia social pues documenta el potencial humano de la región en el sector minero. Es de gran importancia práctica, pues actualiza las técnicas que con el pasar del tiempo pierden efectividad por la variación de las circunstancias produciendo la renovación constante de los estudios. A la vez, la justificación teórica permite abarcar la escasez de estudios de la temática, y finalmente posee utilidad metodológica, al integrar las variables y configurarlas en la investigación.

1.6. Hipótesis

La implementación de un plan de reingeniería de sistema de gestión del mantenimiento permite mejorar la disponibilidad y confiabilidad de la flota de camiones Komatsu 730 E-6 de la empresa Minera Barrick Misquichilca S.A, para trabajos en condiciones de altitud superior a los 3500 metros sobre el nivel del mar.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo general

Elaborar un plan de ingeniería del sistema de gestión del mantenimiento, para mejorar la disponibilidad y confiabilidad de la flota de camiones Komatsu 730E-6 de la empresa Minera Barrick Misquichilca S.A., para trabajos en condiciones de altitud superior a los 3500 metros sobre el nivel del mar.

1.7.2. Objetivos específicos.

1. Analizar la gestión actual de mantenimiento de la empresa.
2. Determinar la disponibilidad y confiabilidad actual de la flota de camiones Komatsu 730 E-6, de la Minera Barrick - Laguna Norte.
3. Identificar las mejoras operativas y técnicas a realizar.
4. Elaborar las estrategias de reingeniería de gestión de mantenimiento.
5. Determinar la disponibilidad y confiabilidad después de la implementación de las estrategias de reingeniería.
6. Determinar el costo beneficio de la gestión de mantenimiento.

II. MÉTODO

2.1. Diseño de investigación

Es de tipo descriptiva, procediendo a adquirirla de diferentes fuentes.

Es pre experimental, aplicada, porque recurre a mejoras que buscan aumentar la confiabilidad. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010).

$$M: O_2 \rightarrow X \rightarrow O_3$$

M₁ Muestra.

O₂ Confiabilidad antes del plan de reingeniería.

X implementación de un plan de reingeniería.

O₃ Confiabilidad después del plan de reingeniería.

2.2. Variables, operacionalización.

Hernández, y otros (2010), refieren que una variable es un elemento variable y que ésta variación se puede medir u observar.

Variable independiente: Reingeniería de gestión de mantenimiento de los camiones eléctricos Komatsu modelo 730E – 6, se detallan las labores de mantenimiento preventivo.

Variable dependiente: Confiabilidad y disponibilidad de los camiones eléctricos Komatsu modelo 730E – 6.

Operacionalización de variables:

Tabla 1. Operacionalización de variables.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	
Reingeniería del sistema de gestión de mantenimiento			a) Identificar las mejoras operativas y técnicas a realizar. b) Definir las estrategias de mejora. c) Elaborar un plan de acción y sus formatos de control.	
Disponibilidad y Confiabilidad de los camiones Komatsu 730E-6	La probabilidad de que la unidad se encuentre operando en óptimas condiciones en un instante de tiempo y bajo condiciones de trabajo normales	Se puede determinar a partir de la medición entre los tiempos de reparación y de fallas.	Tiempo medio entre fallas	$MTBF = \frac{\text{Tiempo total de funcionamiento}}{\text{Numero de fallas}}$
			Tiempo medio para reparar	$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de inactividad}}{\text{Numero de fallas}}$
			Confiabilidad	$\text{Confiabilidad} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$

Fuente: Elaboración propia

MARCO TEÓRICO	Diseño	Técnicas de procesamiento												
<p>ANTECEDENTES</p> <p>A NIVEL INTERNACIONAL:</p> <p>Rojas (2014) "Mejoras en la gestión de la planificación y pautas de mantenimiento en los camiones de carguío Diésel Komatsu 830e y 930e en la Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi",</p> <p>Leguizamo (2011), "Gestión del mantenimiento para la sección de equipo caminero del Gobierno Municipal de Arajuno",</p> <p>Aguirre (2009). "Mejoramiento de calidad en la mantención de camiones extracción Liebherr 282 B, división Codelco Norte"</p> <p>A NIVEL NACIONAL:</p> <p>Calderon (2014) "Mejora del tiempo de operatividad de camiones volquetes en proyectos de mantenimiento vial, utilizando teoría de confiabilidad en un sistema simulado".</p> <p>Rodriguez (2012) "Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento basado en la mantenibilidad de equipos de acarreo de una empresa minera de Cajamarca",</p> <p>Vidal (2009), "Estudio del cálculo de flota de camiones para una operación minera a cielo abierto" calcula el número de camiones óptimo para el transporte de mineral y desmonte en una operación minera a tajo abierto de cobre</p>	<p>Tipo: Cuantitativa, Aplicada, Descriptiva, Transversal</p> <p>Diseño: Pre Experimental</p> <p>Población - Muestra:</p> <p>20 camiones eléctricos Komatsu modelo 730E-6.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Técnicas</th><th>Instrumentos</th><th>Fuentes</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Análisis de documentos</td><td>Fichas de registro</td><td>Reportes de mantenimiento preventivo</td></tr> <tr> <td>Análisis de documentos</td><td>Cuadro de Pareto Diagrama Ishikawa</td><td>Reportes del Dispatch (gps)</td></tr> <tr> <td>Planificación técnica</td><td>Plan de reingeniería</td><td>antecedentes</td></tr> </tbody> </table>	Técnicas	Instrumentos	Fuentes	Análisis de documentos	Fichas de registro	Reportes de mantenimiento preventivo	Análisis de documentos	Cuadro de Pareto Diagrama Ishikawa	Reportes del Dispatch (gps)	Planificación técnica	Plan de reingeniería	antecedentes	<p>Técnicas e instrumentos de recolección de datos</p> <p>Nivel descriptivo: Se usa para describir los resultados en base a tablas de frecuencias y gráficos de barras, haciendo uso de cuadros estadísticos para tal efecto se usura programa de Excel 2010.</p> <p>Nivel inferencial de hipótesis: se analizan los costos con la prueba estadística de t- student si los datos tienen un comportamiento normal o si no se procede a emplear una prueba no paramétrica de Willsconsol.</p>
Técnicas	Instrumentos	Fuentes												
Análisis de documentos	Fichas de registro	Reportes de mantenimiento preventivo												
Análisis de documentos	Cuadro de Pareto Diagrama Ishikawa	Reportes del Dispatch (gps)												
Planificación técnica	Plan de reingeniería	antecedentes												

2.3. Población-muestra

2.3.1. Población y Muestra

La población actual con la cual consta la operación son 20 camiones en operación.

- 20 camiones eléctricos Komatsu modelo 730E-6.

2.3.2. Unidad de análisis.

Dirigido a los elementos de confiabilidad y disponibilidad al mantenimiento de los 20 camiones eléctricos Komatsu 730E-6.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Son: Guía de Observación, Ficha de Observación; Guía de Entrevista, Cuestionario de Entrevista; Guía de Análisis de Documentos; Escalas Tipo Likert, Diferencial Semántico; Test; Cuestionario. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010).

(Normas APA , 2018).

Tabla 2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Etapas	Técnicas	Instrumentos	Fuentes	Resultados
Determinar la Confiabilidad inicial de los camiones	Análisis de documentos	Fichas de registro	Reportes de mantenimiento preventivo	Para conocer el MTBF y MTT
Problemática de mantenimiento preventivo	Análisis de documentos	Cuadro de Pareto Diagrama Ishikawa	Reportes del <u>Dispatch (gps)</u>	Identificar debilidades del mantenimiento preventivo
Reingeniería de gestión del <u>mantenimiento</u> de los camiones	Planificación técnica	Plan de reingeniería	antecedentes	Optimización del mantenimiento preventivo

Fuente: Elaboración propia

2.5. Métodos de análisis de datos

Se recurre al uso de tablas de frecuencia y gráficos respectivos, interpretaciones. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010).

Son utilizados el análisis basado en:

2.5.1. Nivel descriptivo: Se usaron las tablas de frecuencias y gráficos de barras, recurriendo al Excel 2010.

2.5.2. Nivel inferencial de hipótesis: Se utilizó análisis de costos, realizando la prueba estadística de t- student si la data informativa es de tendencia normal, caso contrario se usa la prueba no paramétrica de Willsconsol.

2.5.3. Procedimientos: Se realizó:

- Se obtuvo teoría de los elementos sustanciales a ser usados en la correspondiente situación.
- Se realizó el análisis respectivo
- Se procedió a realizar los formatos respectivos

- Se elaboraron cuadros de inspecciones de Pre-Pm programados.

2.5.4. Diagrama de Ishikawa.

Este método también conocido como Causa-Efecto será utilizado para determinar las causas las causas de las fallas para luego minimizar o eliminar las fallas.

2.6. Aspectos éticos.

Desde el punto de vista ético, el investigador se compromete a para el desarrollo de tesis a respetar la veracidad de los datos.

III. RESULTADOS

3.1. Con respecto al objetivo específico 1: Se analiza la problemática la gestión de mantenimiento actual de los Camiones Komatsu 730E-6.

3.1.1. Descripción actual de la empresa.

Lagunas Norte es una de las grandes minas del Perú, mina de oro operada por Barrick Gold Corporation que se encuentra ubicada en la cordillera de los andes peruanos, específicamente en el distrito de Quiruvilca, provincia de Santiago de Chuco, en la zona norte del país y a una altura entre 3.700 y 4.200 metros sobre el nivel del mar. Dista a 140 kilómetros de la ciudad de Trujillo, capital de la Región La Libertad. Es de yacimiento a tajo abierto, el cual comenzó sus operaciones el segundo trimestre del año 2005 -antes de lo programado- y significó una inversión en su construcción de US\$340 millones. Sobre la base de las reservas existentes, de 8,8 millones de onzas, la vida útil esperada de la mina es de 10 años aproximadamente.

Lagunas Norte es una mina que contribuye con el desarrollo social y económico de la región de la Libertad, no solo por la creación de puestos de trabajos directos e indirectos sino también por el activo de programa de responsabilidad social que ejecuta en el marco de su compromiso por el desarrollo de las comunidades vecinas. Asimismo, sus altos estándares de seguridad, cuidado del medio ambiente y empleo de tecnología de última generación la han convertido en la mina aurífera más moderna del país.

3.1.2. Constitución e inscripción.

Minera Barrick Misquichilca S.A. (MBM) es una sociedad debidamente constituida y existente de conformidad con las leyes de la República del Perú. Las oficinas administrativas de MBM se encuentran en Av. Víctor Andrés Belaunde # 171, segundo piso - San Isidro - Lima 27 - Perú. Su número de teléfono es (511) 612- 4100 y su número de fax (511) 612-4110. MBM se constituyó en Lima mediante Escritura Pública de fecha 18 de enero de 1994, suscrita ante el Notario Público de Lima Ricardo Fernandini Barreda y se encuentra inscrita en el Asiento No. 1 de la Ficha No. 040062 del Registro de Sociedades de Lima. Los estatutos de MBM han sido modificados varias veces desde su constitución. La empresa ha cumplido

con adecuar sus estatutos a las disposiciones contenidas en la Ley General de Sociedades, Ley No. 26887, que entró en vigencia el 1 de enero de 1998. Dicha adecuación fue formalizada mediante Escritura Pública de fecha 11 de diciembre de 1998, suscrita ante el Notario Público de Lima, Julio Antonio del Pozo Valdez. La inscripción de la adecuación se realizó el 21 de diciembre de 1998, en el Asiento No. 21 de la Ficha No 040062 del Registro de Sociedades de Lima del Registro Público de Minería.

3.1.3. Instalaciones.

Barrick Gold Corporation, cuenta con varias operaciones a nivel mundial en los diferentes países, en Perú cuenta en la actualidad con dos unidades de operación minera actualmente trabajando en Perú, ver figura 13.

- Mina Barrick Pierina ubicada en el departamento de Huaraz.
Producto principal de – oro, plata.
- Mina Barrick Lagunas Norte, ubicada en el departamento de Libertad.
Producto principal de – oro, plata.

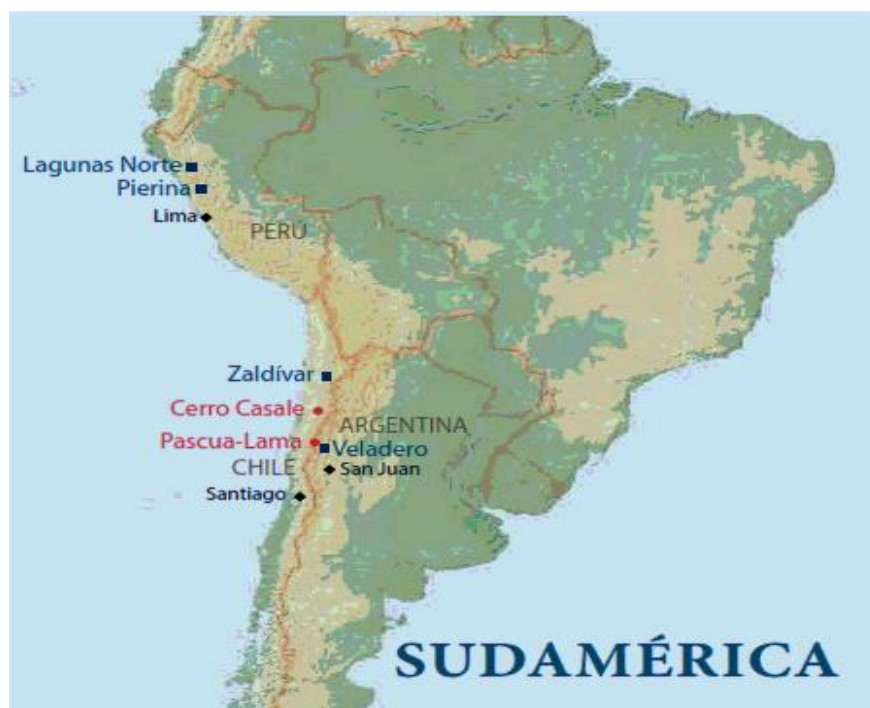


Figura 13: Ubicaciones de concesiones mineras de Barrick Gold en sud america y operaciones en Peru. Fuente (Reporte de responsabilidad social Peru 2011).

3.1.4. Detalle de operaciones en la Unidad Lagunas Norte.

Los trabajos de mantenimiento, reparación y cambio de componentes son realizados en el taller de Truck-Shop (taller de mantenimiento), en dichas instalaciones solo son efectuadas los mantenimientos a los equipos de principales como:

- Flota de acarreo.
- Flota de carguío.
- Flota de perforación.
- Flota Auxiliar.

3.1.5. Descripción del área de mantenimiento.

Esta es un área la cual está encargada principalmente de asegurar la operatividad de los equipos de las flotas principales y en particular la flota de transporte de mineral (acarreo), ejecutando tareas con seguridad, eficiencia y eficacia, cumpliendo con la confiabilidad y mantenibilidad requerida por el proceso productivo.

El área actual de mantenimiento cuenta con un taller diseñado especialmente para dar un mantenimiento de calidad con toda la seguridad para el personal de mantenimiento, cuenta con 3 bahías de abastecimiento de lubricantes, grasa y aire, cuenta con una capacidad para ingresar 3 equipos de flota auxiliar, 1 bahía equipada para equipos con carrilera y 3 bahías para ingresar camiones en simultaneo y poder cumplir con los trabajos, todos los sistemas son en gran parte automatizados para dar la comodidad y seguridad al trabajador minimizando la exposición a los riesgos laborales propios del trabajo, se tiene un sistema de trabajo de 8 días de trabajo por 6 de descanso dividido en 4 guardias (a,b,c,d) con un horario de 7:00 am a 19:00 pm (primer turno) 19:00 a 07:00 (segundo turno), para dar mantenimiento a los camiones en taller se cuenta con un supervisor encargado de flota, un líder de flota para taller, técnicos mecánicos, técnicos electricista y un soldador, en la figura 15 se muestra la imagen del Organigrama del área de mantenimiento actual.

Lagunas Norte al igual que pierna cuentan con instalaciones de vanguardia para el área de mantenimiento, infraestructura del taller de mantenimiento

en la operación Lagunas Norte, ubicado a 4200 msnm en el departamento de la Libertad – Perú, el área de mantenimiento en general cuenta con todos los equipamientos de vanguardia de acorde a las nuevas exigencias del mantenimiento de clase mundial para facilitar los trabajos al personal y poder entregar buenos indicadores de acuerdo a las exigencias de la empresa, en la figura 14, se observa las instalaciones del área.



*Figura 14: Infraestructura del TRUCK SHOP-MANTENIMIENTO MINA.
Fuente (Reporte de responsabilidad social Peru 2011).*

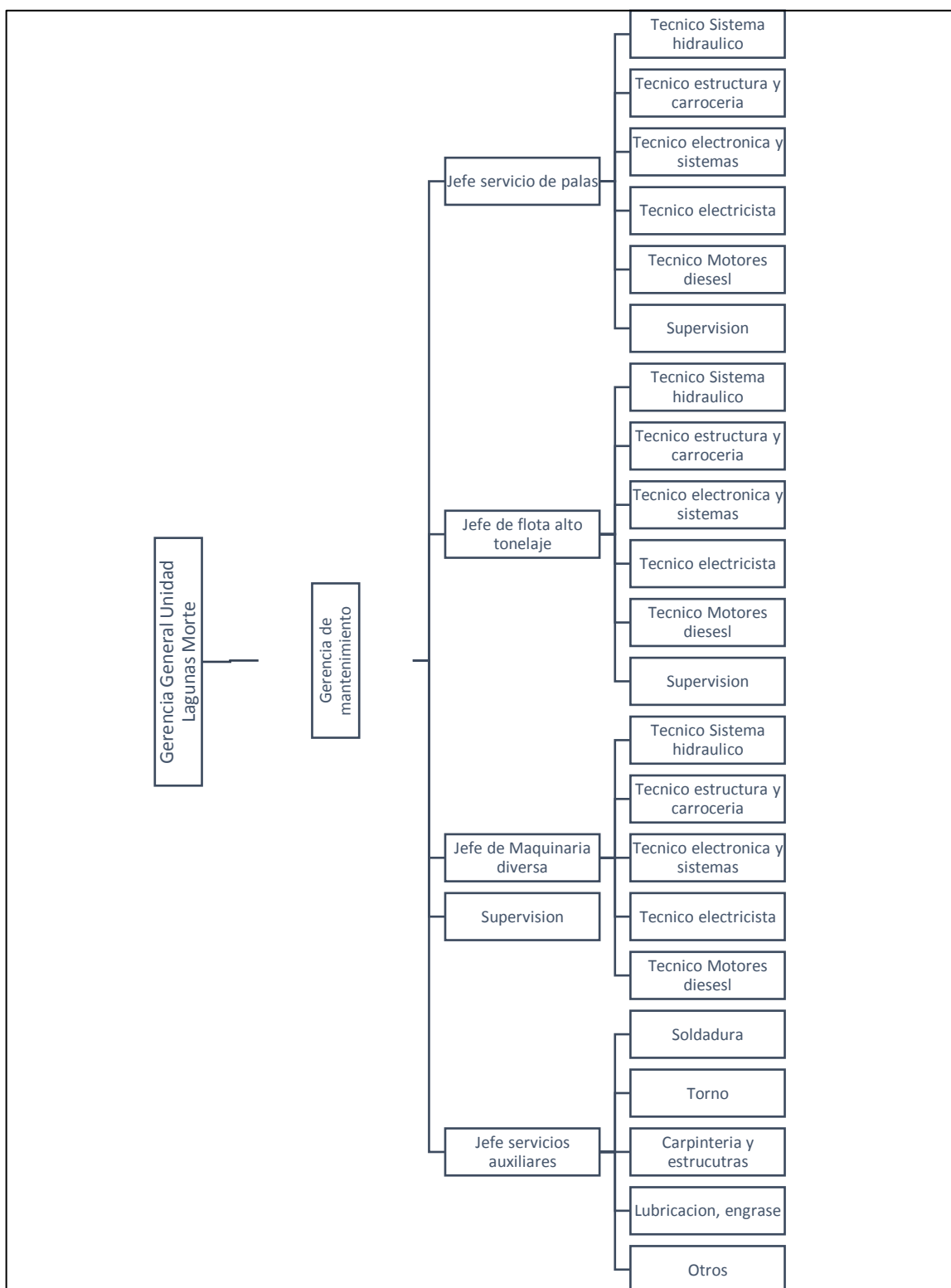


Figura 15: Organigrama actual del área de mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.

3.2. Con respecto al objetivo específico 2: Determinamos la disponibilidad y confiabilidad actual de los Camiones Komatsu 730E-6.

3.2.1. Análisis de Disponibilidad.

Para iniciar los estudios de confiabilidad y disponibilidad, se usaron los datos obtenidos mediante la toma y control de tiempos de falla y reparaciones de los reportes de mantenimiento que sucedieron durante quince meses de los años anteriores al estudio, esto es para obtener una visión más amplia del panorama de fallas y considerar la estrategia a usar en las máquinas de la empresa durante los cuatro turnos de trabajo, donde se evaluaron 20 unidades, se muestra cuadro de base de datos de reportes de paradas en la tabla 3.

Tabla 3. Base de datos RPD (Oct 2015 – Dic 2016)

FLOTA	EQUIPO	Día	Hora Inicio	Duración de Falla	Hora Final	Descripcion de la falla	Sistema 2	Duración en horas
730E	N-01 (T01)	22/08/13	09:48	08:59	18:47	MANTENIMIENTO PREVENTIVO / PM 1750HRS POS7PM1	PM	8.98
730E	N-01 (T01)	30/08/13	16:10	00:27	16:37	INSPECCION GENERAL / INSP 125H	PMO	0.45
730E	N-01 (T01)	02/09/13	20:22	10:37	06:59	MANTENIMIENTO PREVENTIVO / PM 2000HRS PM4POS8	PM	10.62
730E	N-01 (T01)	03/09/13	07:00	13:49	20:49	MANTENIMIENTO PREVENTIVO / Termina de PM 2000HRS PM4POS8 / Cambio de bomba de dirección y frenos. / Cambio de válvula de	PM	13.82
730E	N-01 (T01)	09/09/13	11:56	05:21	17:17	INSPECCION PRE-PM / INSP 125HRS/INSPECCION PROGRAMADA DE 125 HRS 730E / FABRICACION DE MANGUERA HIDRÁULICA	PMO	5.35
730E	N-01 (T01)	16/09/13	19:50	10:08	05:58	MANTENIMIENTO PREVENTIVO / PM 2500HRS PM1POS1	PM	10.13
730E	N-01 (T01)	29/09/13	19:50	11:09	06:59	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	PM	11.15
730E	N-01 (T01)	30/09/13	07:00	03:42	10:42	MANTENIMIENTO PREVENTIVO / Termina de PM500HRS PM2POS2.	PM	3.70
730E	N-01 (T01)	11/10/13	10:49	09:42	20:31	MANTENIMIENTO PREVENTIVO / PM500HRS PM1POS3.	PM	9.70
730E	N-01 (T01)	23/10/13	07:35	16:38	00:13	MANTENIMIENTO PREVENTIVO / PM1000HRS PM3 POS4.	PM	16.63
730E	N-01 (T01)	30/10/13	07:00	01:35	08:35	REPARACION GENERAL CCM FALLA ELECTRICA / Inspección Programa de 125Hrs. / Reparación de falla eléctrica de cable de contact	PMO	1.58
730E	N-01 (T01)	07/11/13	08:13	17:31	01:44	MANTENIMIENTO PREVENTIVO / PM 1250HRS PM1 POS5.	PM	17.52
730E	N-01 (T01)	20/11/13	07:36	11:16	18:52	MANTENIMIENTO PREVENTIVO / PM1500HRS POS6 PM2.	PM	11.27
730E	N-01 (T01)	05/12/13	07:25	11:41	19:06	MANTENIMIENTO PREVENTIVO / PM1750HRS PM1 POS7.	PM	11.88
730E	N-01 (T01)	31/12/13	09:35	10:16	19:51	MANTENIMIENTO PREVENTIVO / PM2500HRS PM1POS1.	PM	10.27
730E	N-02 (T02)	02/10/13	07:15	11:20	18:35	MANTENIMIENTO PREVENTIVO / PM 1750HRS POS3PM1	PM	11.33
730E	N-02 (T02)	09/10/13	15:09	00:53	16:02	INSPECCION PRE-PM/INSP 125HRS/INSPECCION PROGRAMADA DE 125 HRS 730E	PMO	0.88
730E	N-02 (T02)	16/10/13	19:48	07:12	03:00	MANTENIMIENTO PREVENTIVO / PM 1000HRS POS4PM2	PM	7.20
730E	N-02 (T02)	28/10/13	07:59	11:00	18:59	MANTENIMIENTO PREVENTIVO / PM 1250HRS POS5PM3	PM	11.00
730E	N-02 (T02)	28/10/13	19:00	08:14	03:14	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	PM	8.23
730E	N-02 (T02)	12/02/13	05:25	01:34	06:59	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	PM	1.57
730E	N-02 (T02)	13/02/13	07:00	13:16	20:16	MANTENIMIENTO PREVENTIVO / PM1500HRS PM2 POS6	PM	13.27
730E	N-02 (T02)	24/02/13	04:51	02:08	06:59	MANTENIMIENTO PREVENTIVO / PM 1750 H POS7 PM1 (inicio de PM en turno noche y continuara en el día)	PM	2.13
730E	N-02 (T02)	25/02/13	07:00	23:03	06:03	MANTENIMIENTO PREVENTIVO / PM 1750 H POS7 PM1 y cambio de neumáticos 1,2,3,4,5 y 6	PM	23.05
730E	N-02 (T02)	02/03/13	05:47	01:12	06:59	FAROSILUCES / INSPECCION PROGRAMADA 125 HRS	PMO	1.20
730E	N-02 (T02)	04/03/13	12:00	00:12	12:12	INSPECCION GENERAL RELLENO ACEITE HDO / INSPECCION PROGRAMADA 125 HRS	PMO	0.20
730E	N-02 (T02)	11/03/13	08:02	11:09	19:11	MANTENIMIENTO PREVENTIVO / PM2000HRS PM4POS8	PM	11.15
730E	N-02 (T02)	17/03/13	09:42	01:07	10:49	INSPECCION GENERAL / INSPECCION PROGRAMADA 125HRS	PMO	1.12
730E	N-02 (T02)	25/03/13	23:43	07:16	06:59	MANTENIMIENTO PREVENTIVO / PM2500HRS PM1 POS1	PM	7.27
730E	N-02 (T02)	26/03/13	07:00	02:51	09:51	MANTENIMIENTO PREVENTIVO / termina de PM,	PM	2.85

Fuente: Consolidación de reportes de parada RPD años 2015-2016.

Se puede apreciar en los datos de la tabla N° 03, donde se muestra la distribución de paradas por descripción de falla, falla por equipo, falla por sistema, duración de falla y cantidad de falla. En la tabla 4 se muestra dichos valores para el estudio general de los equipos de la empresa para el desarrollo del plan.

Es muy importante poder aclarar que se llama parada a la interrupción imprevista no programada del vehículo generando horas de inoperatividad, costo de reemplazo temporal, costos de mantenimiento personal y demás problemas (horas–hombre, maquinaria, etc.).

Tabla 4. Consolidacion de reporte de paradas RPD (Oct 2015 – Dic 2016)

Unidad	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Fallas totales para Analizar
Año	2015			2016												
730E 01	18	20	23	27	14	14	26	20	17	22	10	19	10	35	9	284
730E 02	20	11	27	15	28	19	28	28	12	11	29	17	10	33	21	309
730E 03	12	11	14	11	12	12	21	11	10	15	21	18	7	26	23	224
730E 04	11	15	41	9	28	17	23	26	8	25	25	16	15	41	19	319
730E 05	31	19	24	19	10	13	16	13	20	18	24	16	13	23	10	269
730E 06	11	30	28	17	28	14	9	14	10	10	14	19	19	21	28	272
730E 07	12	12	19	9	16	18	26	10	8	15	26	17	19	13	8	228
730E 08	22	20	56	8	28	29	21	59	22	9	10	11	14	22	17	348
730E 09	29	28	19	16	17	17	27	23	25	12	25	16	15	10	15	294
730E 10	27	13	13	10	27	24	25	23	29	23	10	8	10	11	23	276
730E 11	10	19	15	13	8	16	13	15	16	19	29	12	18	28	12	243
730E 12	21	17	10	17	16	25	15	12	18	17	23	11	18	27	24	271
730E 13	25	18	32	11	14	25	8	15	12	13	28	18	12	22	14	267
730E 14	9	12	27	16	23	29	10	48	13	14	12	11	13	19	18	274
730E 15	16	21	25	28	24	15	19	14	14	18	9	14	17	17	14	265
730E 16	25	13	11	19	22	24	14	17	13	19	9	8	13	15	11	233
730E 17	17	15	13	26	23	22	17	22	11	9	14	13	18	8	26	254
730E 18	8	21	12	17	13	21	19	16	13	19	17	14	17	11	25	243
730E 19	29	13	18	18	16	22	27	10	10	14	18	19	13	9	23	259
730E 20	16	24	39	20	29	12	11	29	24	9	12	9	15	12	27	288
T- Mensual	369	352	466	326	396	388	375	425	305	311	365	286	286	403	367	5420

Fuente: Consolidación de reportes de parada RPD años 2015-2016.

Se puede apreciar en la tabla N° 04 la distribución de paradas mensuales, se aprecia que en promedio se tuvo 369 paradas para el mes de octubre 2015, a un promedio de 18 paradas por unidad y 367 paradas para el mes de diciembre del 2016, a un promedio de 18 paradas por unidad viéndose reflejado la baja disponibilidad de la flota que se mantiene dentro de los valores promedios en mención.

Tabla 5. Consolidacion de reporte de paradas RPD (Oct 2015 – Dic 2016)

Unidad	T-Max (H)	N° de paradas	T-paro promedio	Tiempo perdido mensual	T-util mensual	MTBF	MTTR	MTBF / (MTBF+MTTR)
730E N°1	600	284	22	417	316	2.11	1.47	0.59
730E N°2	600	309	11	227	291	1.94	0.73	0.73
730E N°3	600	224	20	299	376	2.68	1.33	0.67
730E N°4	600	319	13	276	281	1.88	0.87	0.68
730E N°5	600	269	12	215	331	2.23	0.80	0.74
730E N°6	600	272	16	290	328	2.21	1.07	0.67
730E N°7	600	228	45	684	372	2.63	3.00	0.47
730E N°8	600	348	14	325	252	1.72	0.93	0.65
730E N°9	600	294	20	392	306	2.04	1.33	0.60
730E N°10	600	276	13	239	324	2.17	0.87	0.71
730E N°11	600	243	12	194	357	2.47	0.80	0.76
730E N°12	600	271	16	289	329	2.21	1.07	0.67
730E N°13	600	267	28	498	333	2.25	1.87	0.55
730E N°14	600	274	17	311	326	2.19	1.13	0.66
730E N°15	600	265	37	654	335	2.26	2.47	0.48
730E N°16	600	233	20	311	367	2.58	1.33	0.66
730E N°17	600	254	13	220	346	2.36	0.87	0.73
730E N°18	600	243	12	194	357	2.47	0.80	0.76
730E N°19	600	259	16	276	341	2.32	1.07	0.68
730E N°20	600	288	50	960	312	2.08	3.33	0.38
				7271		2.24	1.36	0.64 = 64%

Fuente: Consolidación de reportes de parada RPD años 2015-2016.

Se tiene para el año 2016 una disponibilidad de 64 % y una confiabilidad de 2.24 H en promedio, siendo esta disponibilidad y confiabilidad considerada dentro de los estándares de la empresa como baja disponibilidad para la flota, en la tabla N° 05 se aprecian los resultados encontrados durante los años evaluados.

Como es de ver los resultados eran desalentadores el cual no es alcanzado de forma satisfactoria en cada año anterior a la fecha estudiada, por lo cual urge la necesidad de una reingeniería de mantenimiento, en la figura 16 se muestra la disponibilidad del mantenimiento que se tenía como meta proyectada para el año 2016 90.9% de disponibilidad.

- Color rojo (Meta no alcanzada). Color amarillo (Próximo a la meta). Color verde (Meta cumplida).

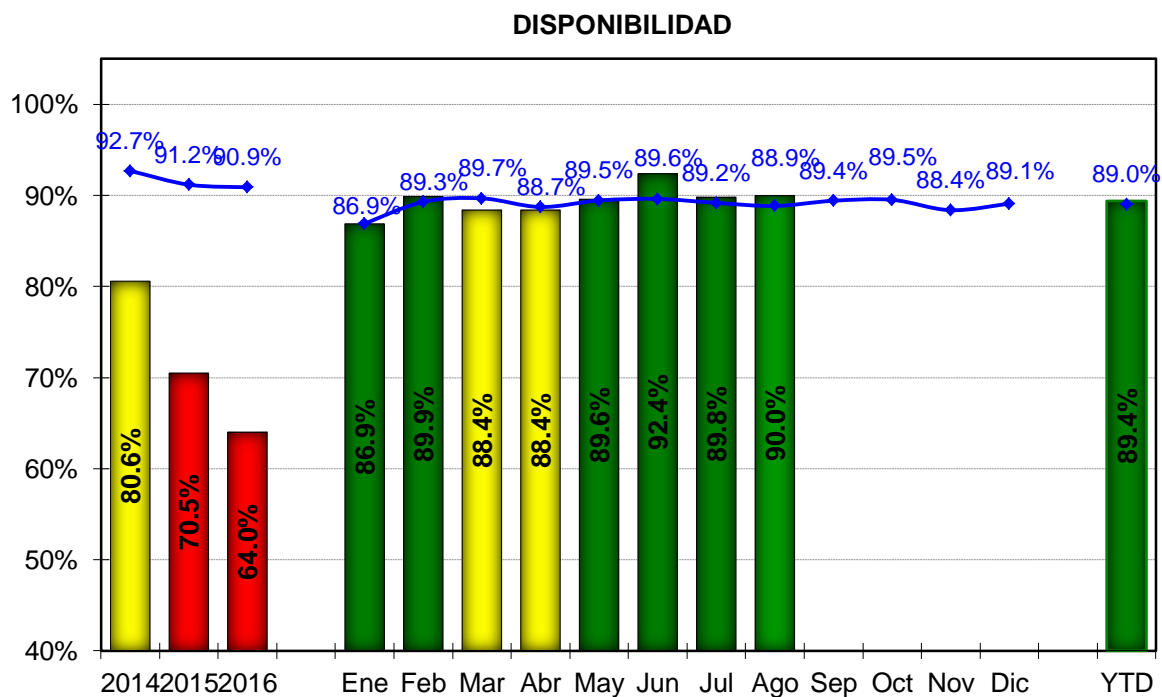


Figura 16: Disponibilidad encontrada para el año 2016. Fuente: Tabla 4-5.

3.2.2. Análisis de confiabilidad.

El tiempo total de funcionamiento es de 600 horas al mes por equipo que debe de trabajar en las mejores condiciones para prestar una buena

confiabilidad estos valores de muestran en columna 2 tabla 5. La confiabilidad actual que se encuentra del análisis de datos muestra valores muy bajos de confiabilidad 2.24 H, siendo estos por debajo de la meta proyectada; se puede determinar que la flota no es confiable para la operación de la empresa, este valor se muestra en la figura 17.

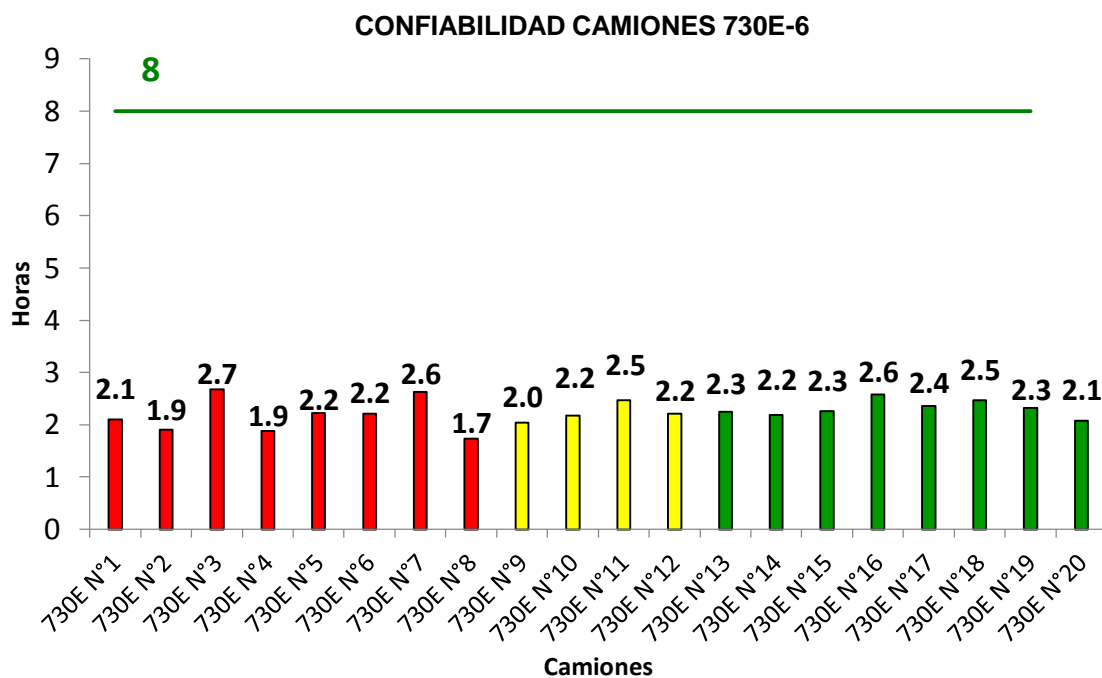


Figura 17: Confiabilidad encontrada para el año 2016. Fuente: Tabla 4-5.

En la tabla N° 04 Se aprecia que en promedio tienen una confiabilidad del 2.24 H y una disponibilidad del 64%. Promediando los valores de confiabilidad, disponibilidad de las unidades Komatsu 730E-6 (tabla 4, tabla 5).

$$X = \frac{\sum Xi}{n} = \frac{12.84}{20} = 0.64$$

H_0 : **confiabilidad** $\leq 50\%$

H_a : **confiabilidad** $> 50\%$

Nivel de significancia

El nivel de significancia (α) escogido para la prueba de la hipótesis es del 5%. Siendo $\alpha = 0.05$ (nivel de significancia) y $n - 1 = 20 - 1 = 19$ grados de libertad, se tiene el valor crítico de T de Student (Ver tabla T Student en el Anexo 5), La región de rechazo consiste en aquellos valores de t mayores que $t_{0.05} = 1.7291$

Tabla 6. Resultados de la hipótesis estadística.

Unidad	Confiabilidad Antes	(X - Xm)	(x-xm)2
Unidad 1	0.59	-0.052	0.00270
Unidad 2	0.73	0.084	0.00701
Unidad 3	0.67	0.025	0.00065
Unidad 4	0.68	0.042	0.00180
Unidad 5	0.74	0.094	0.00881
Unidad 6	0.67	0.032	0.00102
Unidad 7	0.47	-0.175	0.03058
Unidad 8	0.65	0.007	0.00004
Unidad 9	0.60	-0.037	0.00139
Unidad 10	0.71	0.073	0.00530
Unidad 11	0.76	0.113	0.01280
Unidad 12	0.67	0.033	0.00107
Unidad 13	0.55	-0.096	0.00920
Unidad 14	0.66	0.017	0.00028
Unidad 15	0.48	-0.164	0.02675
Unidad 16	0.66	0.017	0.00028
Unidad 17	0.73	0.089	0.00800
Unidad 18	0.76	0.113	0.01280
Unidad 19	0.68	0.043	0.00181
Unidad 20	0.38	-0.258	0.06633
SUMATORIA	12.84	0.00	0.20

Unidad	Confiabilidad Antes	(X - Xm)	(x-xm)2
n (contar)	20.00		
promedio	0.64		

Desviación estándar:

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{(n - 1)}} = \sqrt{\frac{0.20}{19}} = 0.0105 = 0.1022$$

Cálculo de T para una muestra:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_H}{S / \sqrt{n}} = \frac{0.64 - 0.5}{0.10 / 4.4721} = \frac{0.14}{0.0228} = 6.2184$$

T calculado = 6.21

T de tablas = 1.7291

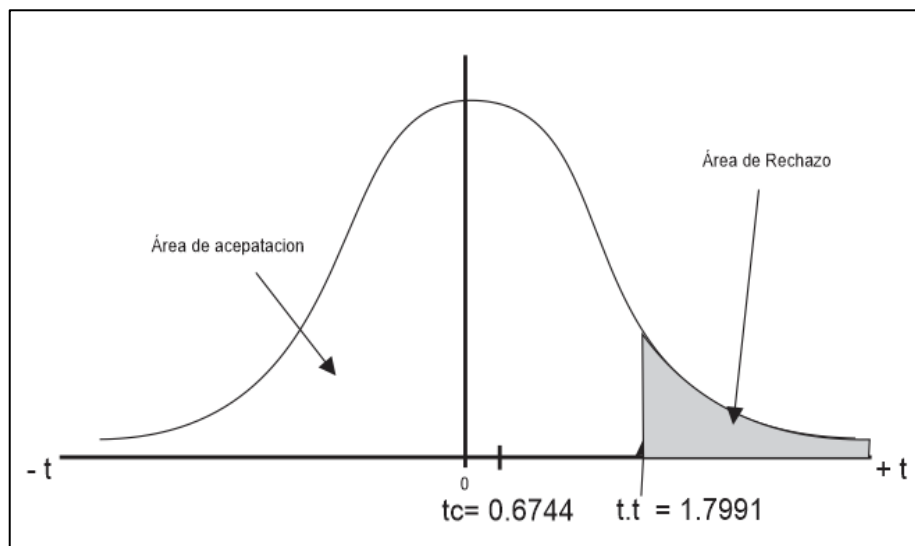


Figura 18: Área de aceptación y rechazo para confiabilidad mayor a 35%

Conclusión:

Puesto que: $t_c = 6.21$ (t calculado) $> t_{\alpha} = 1.7291$ (tabular), estando este valor dentro de la región de rechazo, la confiabilidad de los datos es menor a 0.50, se rechaza H_a y H_0 es aceptada, por lo tanto se prueba la validez de la hipótesis con un nivel de error de 5% ($\alpha = 0.05$).

3.3. Con respecto al objetivo específico 3: Identificar las mejoras operativas y técnicas a realizar

La empresa tiene un plan actual de mantenimiento estándar que es el plan de operatividad de las unidades, que es imprescindible y lo lleva a cabo en forma satisfactoria, sin embargo, las unidades presentan fallas debido a su tiempo de uso 12 años de operación, a un mantenimiento a veces inadecuado o no a tiempo, fallas que no deberían presentar, pero que se dan por diversas situaciones. El plan de mantenimiento generalmente es el mantenimiento ideal en condiciones ideales (especificaciones del fabricante), pero muchas averías o deterioros de campo no se efectuaron en el momento adecuado, por lo que se fueron acumulando y trasladando a diferentes partes de la maquinaria. El sobre uso y postergación de mantenimientos menores de gran importancia, que tienen consecuencias cuando se trata de un camión de más de 200 TM ha motivado fallas y vulnerabilidades en las unidades que es difícil de precisar y su carácter improvisado hace que demore el tiempo de parada.

En la actualidad no se incluye en el plan las fallas de la maquinaria, ni se las ha evaluado. Estas fallas son las causantes de las paradas, las pérdidas económicas y la poca confiabilidad de las unidades.

3.3.1. Análisis de la situación actual de los camiones Komatsu730E-6.

Al hacer el análisis es importante tener en cuenta lo siguiente:

- Todas las unidades son iguales en cuanto al modelo y serie.
- Todas las unidades fueron nuevas en su momento.
- Todas están sometidas bajo las mismas condiciones de operación.

Del análisis, esto nos permite hacer la siguiente consideración:

- Los modos de fallas existentes que tiene cada unidad se repetirán en las unidades en que todavía no se han presentado.
- Los modos de fallas que se dan, es posible que se repintan porque es una situación que ya se ha vuelto común en las otras unidades.

3.3.2. Agrupamiento de fallas según sistema de las unidades Pareto.

Se procedió a hacer un agrupamiento de fallas por sistemas la misma en base a la metodología del análisis por Pareto, este dato se observa en la tabla 7 y el análisis e la figura 19.

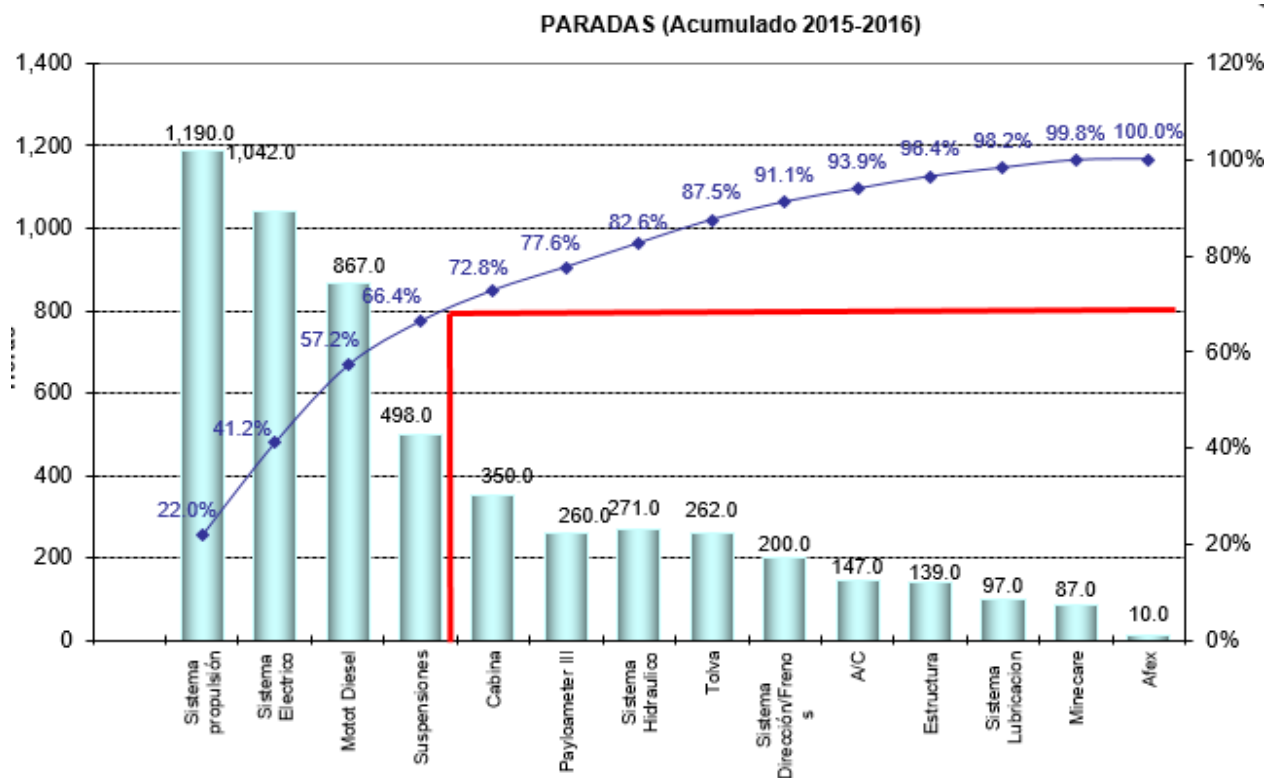


Figura 19. Diagrama de Pareto de las principales fallas por sistema

Fuente: Elaboración Propia.

Al realizar el análisis de la base de la información del sistema DISPACHT de los camiones del mes de Oct 2015 – Dic 2016 se determinaron cuáles son los modos de falla que se presentan con mayor frecuencia y por lo tanto afectan la confiabilidad y el tiempo medio entre fallas de los camiones de las 5420 fallas que se presentaron en los 20 camiones 730E-6 de la mina en el periodo de Oct 2015 – Dic 2016, 1190 fueron fallas del sistema

de propulsión, que representa el 23% del total de fallas. 1042 fueron fallas del sistema eléctrico que representa el 44% del total de fallas. 867 fueron fallas de motor diésel que representa el 56% del total de fallas. 498 fueron fallas del sistema de suspensión que representa el 64% del total de fallas. 350 fueron fallas de cabina que representa el 71% de las fallas. 298 fueron fallas de Payload meter que representa el 76% de las fallas.

Por lo tanto, si se orienta la estrategia de mantenimiento a reducir las fallas en estos sistemas se incrementará considerablemente la confiabilidad y por consecuencia la disponibilidad de los camiones 730E-6.

Tabla 7. Fallas según sistema periodo de estudio.

Fallas	N° de Paradas	% Tiempo	% Acumulado
S. Propulsión	1190	23.20%	23.20%
S. Eléctrico	1042	20.30%	43.50%
Motor	867	12.00%	55.50%
Suspensión	498	8.10%	63.70%
Cabina	350	6.90%	70.60%
PayloadM (PLM III)	260	5.80%	76.40%
S. Hidráulico	271	5.30%	81.60%
Tolva	262	5.10%	86.70%
S.Dirección-Freno	200	3.90%	90.60%
A. Acondicionado	147	2.90%	93.50%
Estructura	139	2.70%	96.20%
S. Lubricación	97	1.90%	98.10%
Monitoreo	87	1.70%	99.80%
S. Aflex	10	0.20%	100.00%
	5420		

Fuente: Consolidado extraída de software DISPACHT

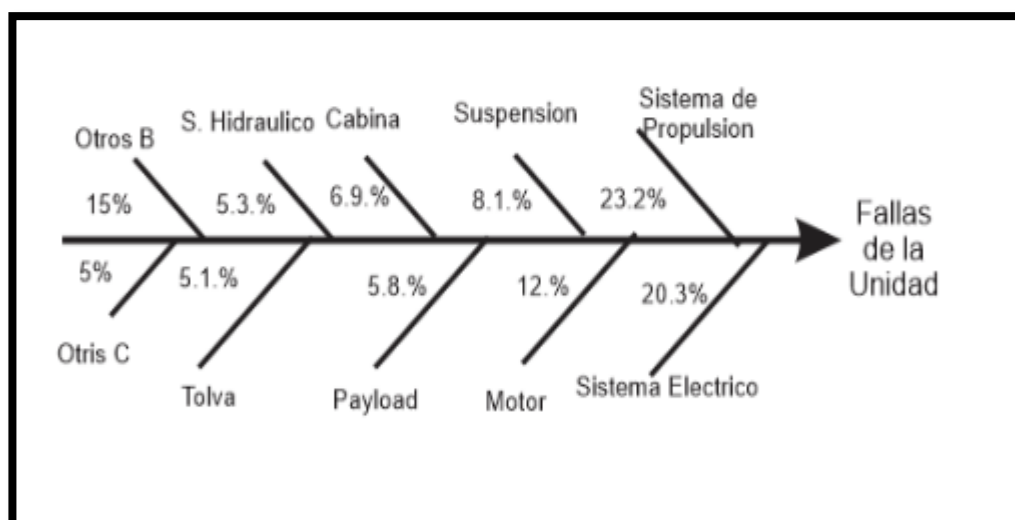


Figura 2: Diagrama de causa efecto de las principales fallas por sistema.

3.3.3. Análisis de modos y efectos de falla según sistema (AMEF).

Dado que las unidades son máquinas muy complejas, cada sistema presenta un conjunto de averías de las múltiples que puede tener, por lo que se procedió a priorizar las fallas según sistema.

3.3.3.1. Sistema de Propulsión.

Se analizó detalladamente los reportes de paradas del sistema Dispatch para poder determinar específicamente cuáles son las fallas y modos de fallas de mayor incidencia que afectan a confiabilidad y disponibilidad de la flota, ver tabla 8.

Tabla 8. Análisis de paradas del sistema de propulsión en la flota.

Fallas	N° de paradas	%
Falla eléctrica	914	77%
Retardo	119	87%
Motor de tracción (mt's)	76	93%
Axel box	62	98%
Alternador principal	19	100%
Total	1190	

Fuente: Elaboración Propia.

Sobre el análisis de las fallas del sistema de propulsión que se tiene en la tabla N°08, se obtiene que un 77% de paradas (914) se debieron a fallas eléctricas, un 87% de paradas (119) se debieron a retardo, un 93% de las paradas (76) se debieron al motor de tracción (mt's), un 98% de paradas (62) se debieron a axel box y un 100% de paradas (19) se debieron al alternador principal. Los datos se aprecian en la figura 21.

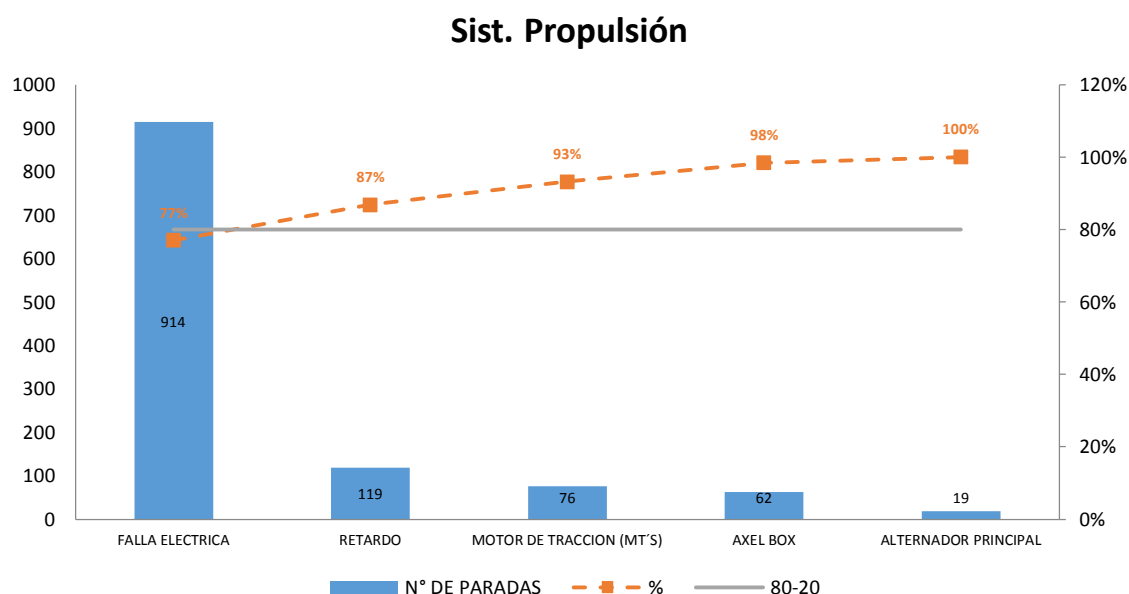


Figura 213: Gráfico de Pareto de los reportes de paradas del sistema de propulsión

Fuente: Elaboración Propia.

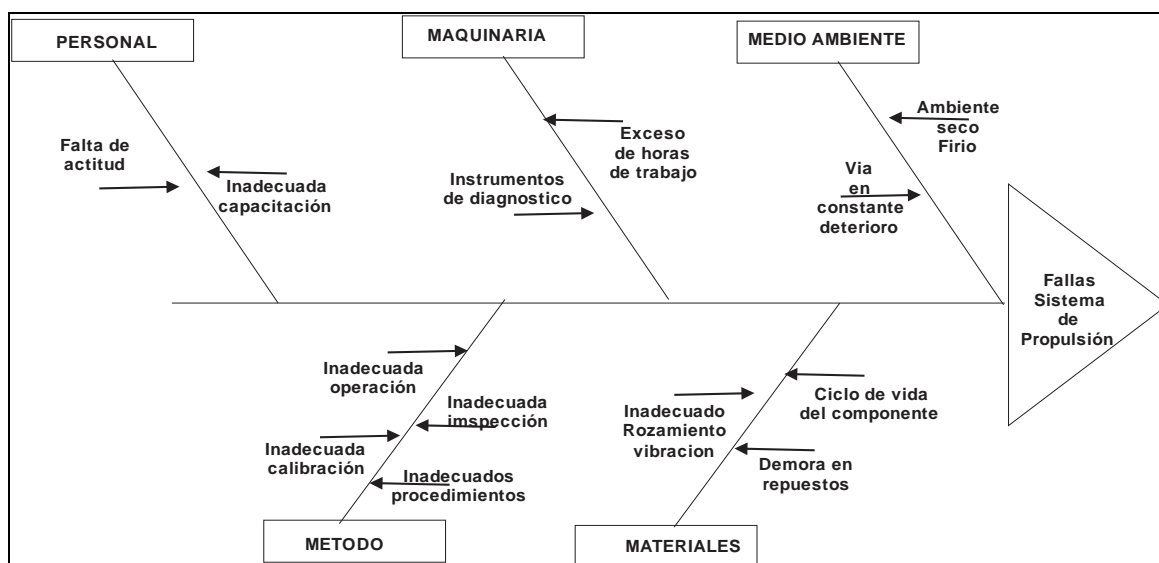


Figura 4: Diagrama de causa defecto de los reportes de paradas del sistema de propulsión.

Analizando la figura 22, podemos indicar que las diferentes fallas que presenta el sistema de propulsión se debe a:

- Mala operación del equipo
- Inspecciones inadecuadas del sistema
- Falta de procedimientos
- Líneas eléctricas rozan con el chasis
- Componentes exceden el ciclo de vida
- Falta de repuestos
- Ambiente es corrosivo (brisa del mar)
- Vías están en mal estado
- Falta de capacitación especializada al personal
- Falta de instrumentos de medición

3.3.3.2. Sistema Eléctrico.

Tabla 9. Análisis paradas del sistema eléctrico en la flota.

Fallas	N° de paradas	%
Luces	484	46%
Arranque	302	75%
Claxon	213	96%
Cableado	31	99%
Limpiavidrios	12	100%
Total	1042	

Fuente: Elaboración Propia.

Sobre el análisis de las fallas del sistema eléctrico que se tiene en la tabla 9 se aprecia que un 46% de paradas (484) se debieron a las luces, un 75% de paradas (302) se debieron al arranque, un 96% de las paradas (213) se debieron al claxon, un 99% de paradas (31) se debieron al cableado y un 100% de paradas (12) se debieron al

limpiavidrios. Los datos se aprecian en la figura 23.

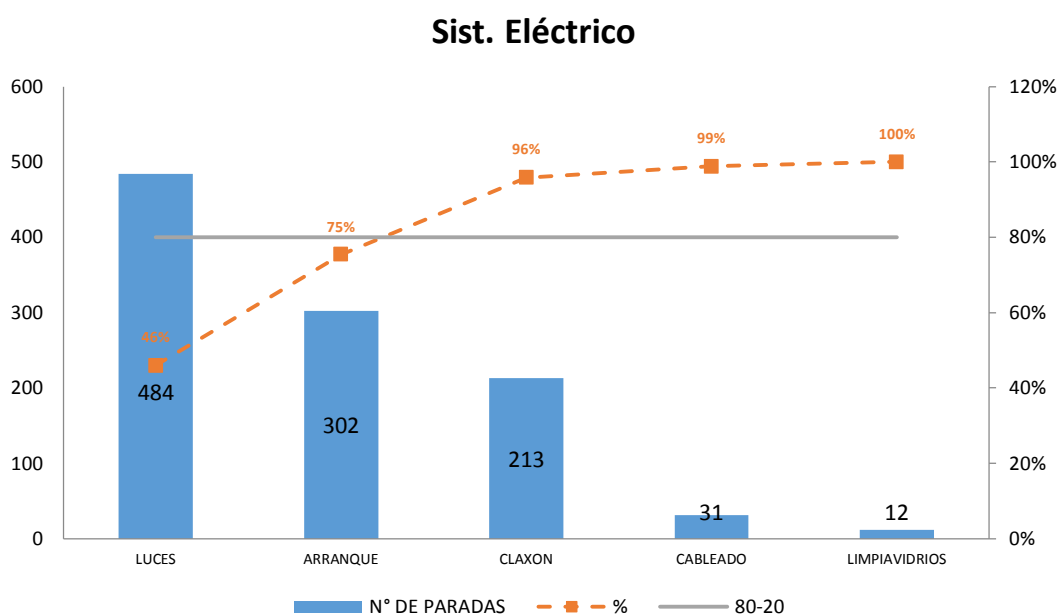


Figura 5: Análisis de Pareto de los reportes de paradas del sistema eléctrico

Fuente: Elaboración Propia.

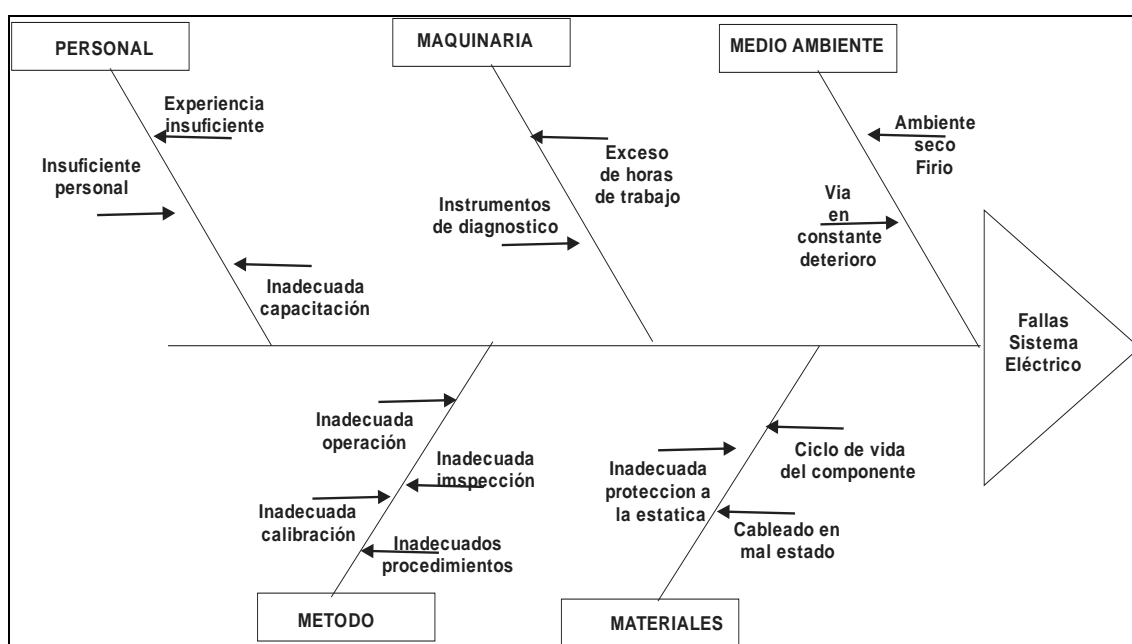


Figura 6. Diagrama causa efecto de los reportes de paradas del sistema eléctrico

Si analizamos la figura N° 24 podemos indicar que las diferentes fallas que presenta el sistema eléctrico se debe a:

- Trabajos inadecuados
- Inspección inadecuada
- Falta de procedimientos
- Faros inadecuados
- Falso contacto
- Ciclo de vida del componente
- Cableado en mal estado
- Ambiente corrosivo
- Vías en mal estado
- Horas de trabajo del equipo
- Falta de instrumentos para medir
- Falta de capacitación
- Falta de experiencia

3.3.3.3. Motor Diésel.

Tabla 10. Análisis de paradas del motor diésel en la flota.

Falla	N° de paradas	%
Potencia	141	23%
Sistema de lubricación	138	45%
Alarma activada	109	63%
Sistema de refrigeración	108	80%
Sistema de combustible	48	88%
Ruido extraño	38	94%
Sistema de admisión y escape	35	100%
Total de paradas	617	

Fuente: Software de Dispatch

Sobre el análisis de las fallas del motor diésel que se tiene en la tabla 9 se aprecia que un 23% de parada (141) se debieron a la potencia, un 45% de paradas (138) se debieron al sistema de lubricación, un 63% de las paradas (109) se debieron a la alarma activada, un 80% de paradas (108) se debieron al sistema de refrigeración, un 88% de paradas (48) se debieron al sistema de combustible, un 94% de paradas (38) se debieron a un ruido extraño y un 100% de paradas y (35) se debieron al

sistema de admisión y escape. Los datos se aprecian en la figura 25.

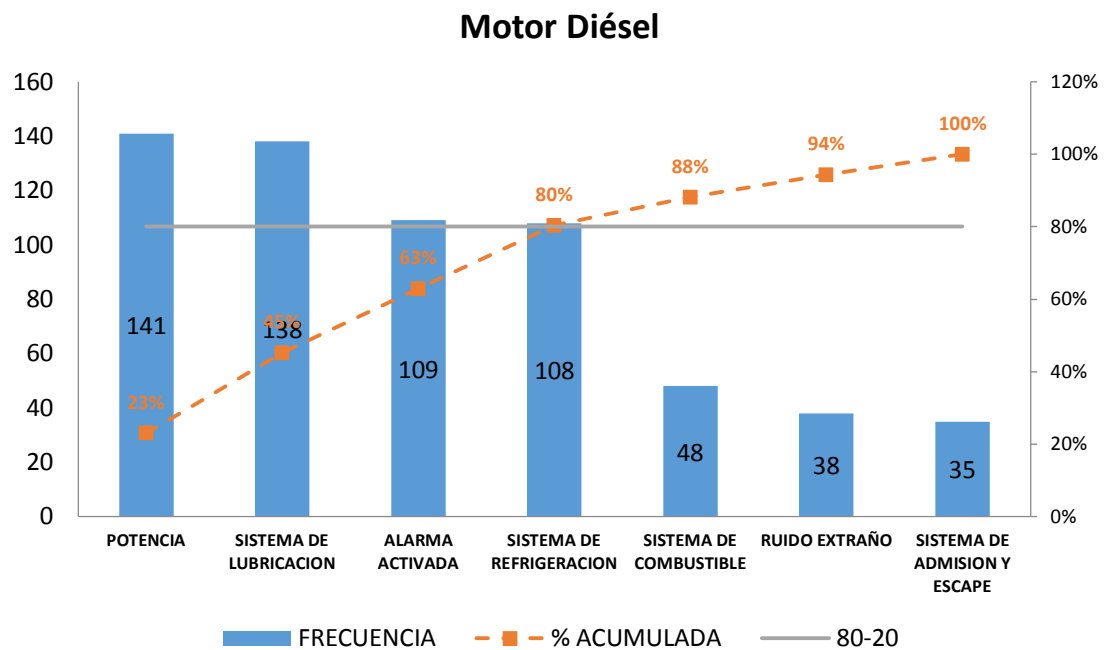


Figura 7. Diagrama de Pareto de fallas de motor diésel

Fuente: Elaboración Propia.

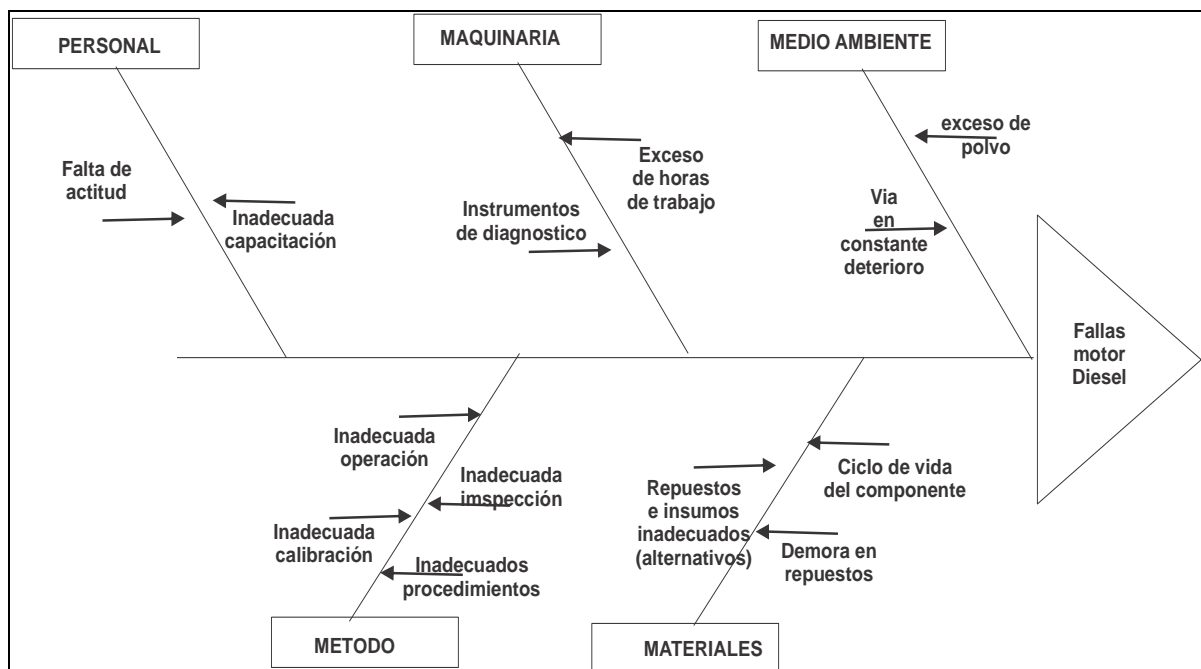


Figura 8. Diagrama de causa efecto de fallas de motor diésel

Si analizamos la figura N° 26, donde podemos identificar que las diferentes fallas que presenta para el motor diésel se debe a:

- Falta de capacitación
- Falta de personal
- Falta de Procedimientos
- Inspección inadecuada
- Repuestos alternativos
- Mangueras y orin,g rescos
- Falta de repuestos
- Ciclo de vida del componente
- Ambiente corrosivo
- Presencia de polvo
- Vías en mal estado
- Horas de trabajo del equipo
- Falta instrumentos de diagnostico

3.3.3.4. Cabina.

Tabla 11. Análisis de paradas de la cabina en la flota.

Falla	N° de paradas	%
Asiento Operador	183	51.7%
Puerta	96	27.1%
Ruido de Cabina	27	7.6%
Instrumentos	27	7.6%
Espejos	11	3.1%
Piso	10	2.8%
Total de paradas	354	100.0%

Fuente: Elaboración a partir de los datos de la empresa

Sobre el análisis de las fallas de la cabina que se tiene en la tabla 6 se aprecia que un 51.7% de paradas (183) se debieron al asiento operador, un 27.1% de paradas (96) se debieron a la puerta, un 7.6% de las paradas (27) se debieron al ruido de la cabina, un 7.6% de

paradas (27) se debieron a los instrumentos, un 3.1% de paradas (11) se debieron a los espejos, un 2.8% de paradas (10) se debieron al piso. Los datos se aprecian en la figura 27.

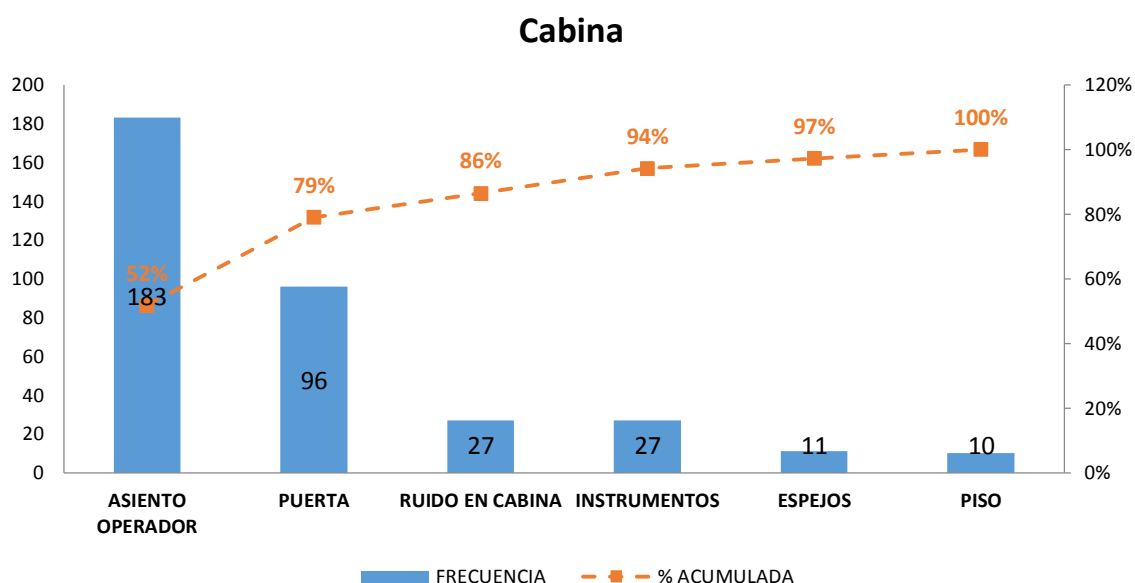


Figura 27. Reportes de cabina

Fuente: Software de Dispatch

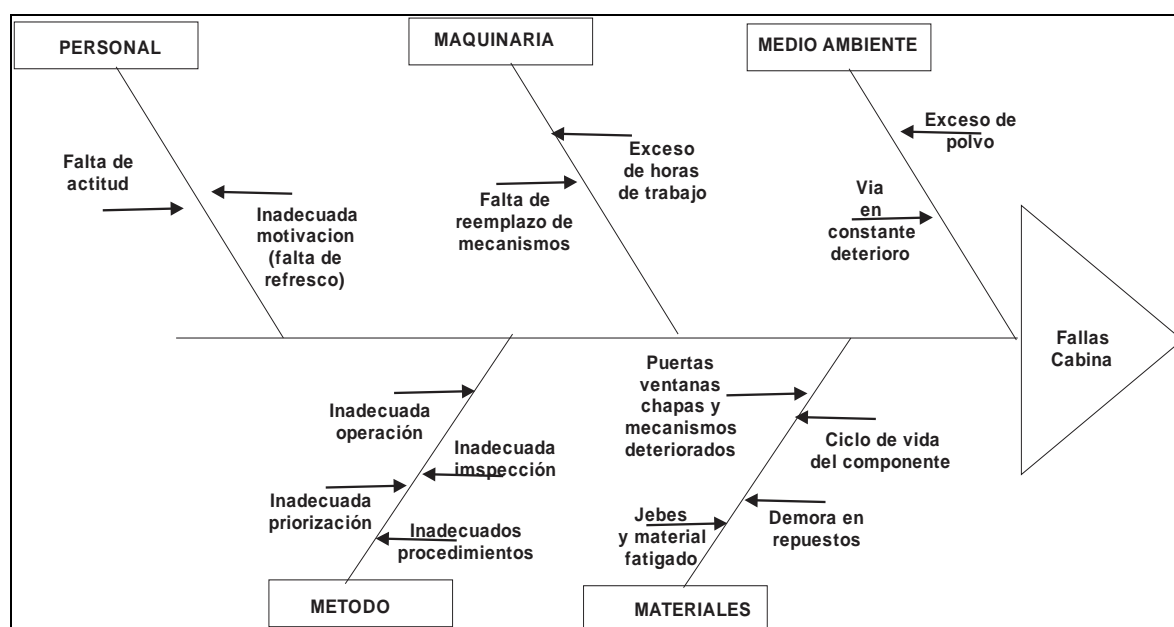


Figura 9. Análisis de Pareto de los reportes de paradas de la cabina.

Si analizamos la figura N° 14 podemos indicar que las diferentes fallas que presenta la cabina se debe a:

- Mala operación
- Mala regulación
- Inspección inadecuada
- Falta de procedimientos
- Chapas en mal estado
- Jebes resacos
- Falta de repuestos
- Ciclo de vida de los componentes
- Vías en mal estado
- Presencia de polvo
- Falta de equipamiento en herramientas
- Falta de especialización en conocimientos del equipo

En la Actualidad, no se tiene un estándar de proceso en la gestión del mantenimiento. Por parte del personal del área de mantenimiento se conoce todas las actividades y procesos que se deben desarrollar para cada trabajo de mantenimiento, éstos aún no están específicamente definidos. Es por ello que se continua en el círculo vicioso del mantenimiento referente a los problemas constantes en cuanto a culminación de órdenes de trabajos en campo, ejecución final de trabajos en taller y en los ingresos mensuales que ocurren constantemente en la flota (no hay un control en los procesos).

Organización del área de mantenimiento:

El área de mantenimiento presenta el siguiente organigrama:

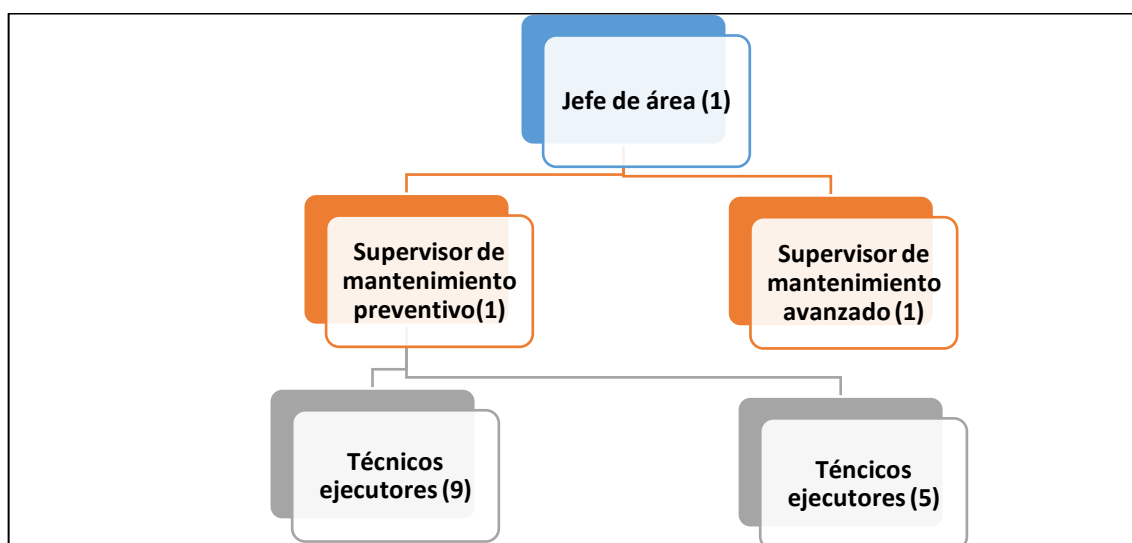


Figura 10. Organigrama del área de mantenimiento mina.

Fuente: Elaboración Propia.

Como se determina en la figura No. 29, el área de mantenimiento mina está conformado por 21 personas las cuales se dividen en:

- **Jefe de Área.**

Es el principal encargado del área de mantenimiento mina, como trabajos principales es el que planifica y programa todas las órdenes de trabajo de cada mes y año en lo referente a los trabajos de mantenimientos correctivos y preventivos para todas las flotas de equipos.

- **Supervisor de mantenimiento preventivo.**

Tiene a su cargo las actividades de mantenimiento rutinario (ajuste, inspección, lubricación, etc).

- **Supervisor de mantenimientos avanzado.**

Es el encargado del análisis de mantenimiento, desarrollo de las actividades preventivas para la flota.

- **Técnicos.**

Son los especialistas encargados de la parte técnica de la ejecución de los trabajos mecánicos, eléctricos, hidráulicos, etc, son en su mayoría ejecutores del mantenimiento.

- **Problemas actuales**

Para poder identificar los problemas que aquejan actualmente y que ocurren de forma diaria mensual o anual y están generando pérdidas a la empresa por fallas consecutivas en la flota principal del proceso de gestión de mina, por lo cual primero se recomienda conocer todo el proceso que se desarrolla para poder realizar una intervención a la gestión del mantenimiento ya sea preventiva o correctiva. Se muestra el flujograma clave de proceso de servicios de mantenimiento con el que cuenta la empresa, ver figura 30.

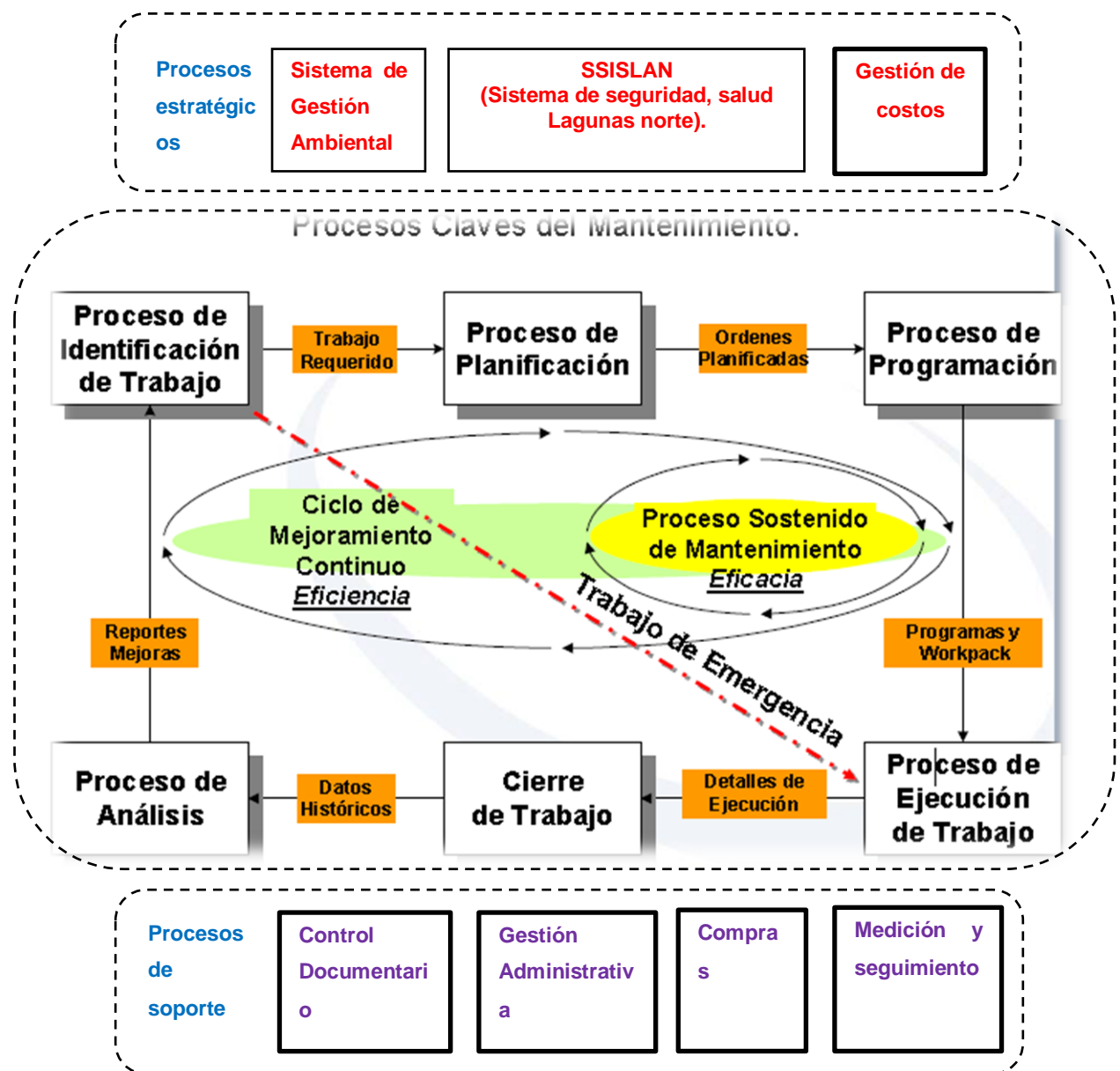


Figura 11. Flujograma de procesos mantenimiento actual (fuente departamento de confiabilidad).

Como se puede notar en la figura 30, los procesos de la gestión de mantenimiento ya sean preventivos o correctivos son muy similares, para ambos y comienzan por una solicitud de identificación de falla esta solicitud es en base a la necesidad del servicio donde se identifica el problema o falla, luego se atraviesa un proceso de planificación, programación, ejecución, cierre de la orden de trabajo y posterior

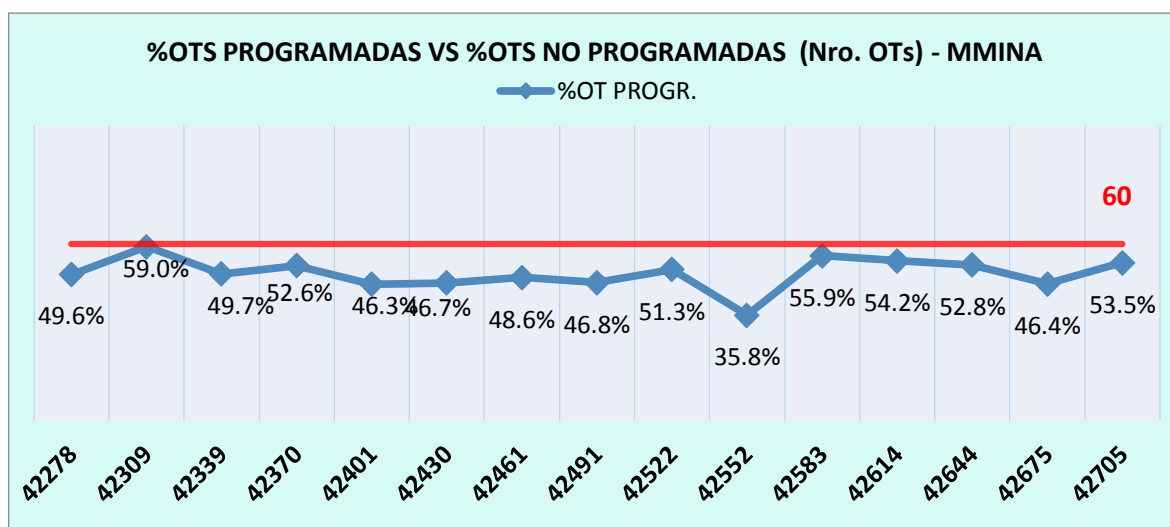
análisis, tanto de demoras en las herramientas y materiales como de las personas que ejecutarán el servicio o problemas que se pueden dar en dicho proceso que generan demoras y pérdidas en la gestión; después, se realiza la ejecución del servicio y puesta en marcha del equipo lo cual conllevará a la realización de un informe técnico donde se especifique los trabajos y actividades desarrolladas en dicho servicio y, finalmente, se presenta el informe final.

En cuanto al análisis de los mantenimientos correctivos, se identificó que las órdenes de trabajo programadas y planificadas no se ejecutaban en los tiempos proyectados o simplemente no se realizaron. Es muy importante mencionar en este sentido el número de horas hombres de trabajo que se determinaron para mantenimiento y así compararlas con las horas necesarias requeridas para realizar los servicios programados y no programados en el plan semanal de trabajos. Ver tabla 12, detalle de órdenes de trabajo.

Tabla 12. % ots programadas vs ots no programadas.

% OTS PROGRAMADAS VS OTS NO PROGRAMADAS					
	OTS PROGRAMADAS	OTS NO PROGRAMADAS	TOTAL OTS	%OT PROGR.	%META
Oct-15	522.00	531.00	1053.00	49.6%	60%
Nov-15	562.00	391.00	953.00	59.0%	60%
Dic-15	449.00	454.00	903.00	49.7%	60%
Ene-16	488.00	440.00	928.00	52.6%	60%
Feb-16	408.00	473.00	881.00	46.3%	60%
Mar-16	462	528.00	990.00	46.7%	60%
Abr-16	420	445.00	865.00	48.6%	60%
May-16	396	450.00	846.00	46.8%	60%
Jun-16	423	402.00	825.00	51.3%	60%
Jul-16	462	828.00	1290.00	35.8%	60%
Ago-16	466	367.00	833.00	55.9%	60%
Set-16	476	402.00	878.00	54.2%	60%
Oct-16	451	403.00	854.00	52.8%	60%
Nov-16	427	494.00	921.00	46.4%	60%
Dic-16	481	418.00	899.00	53.5%	60%

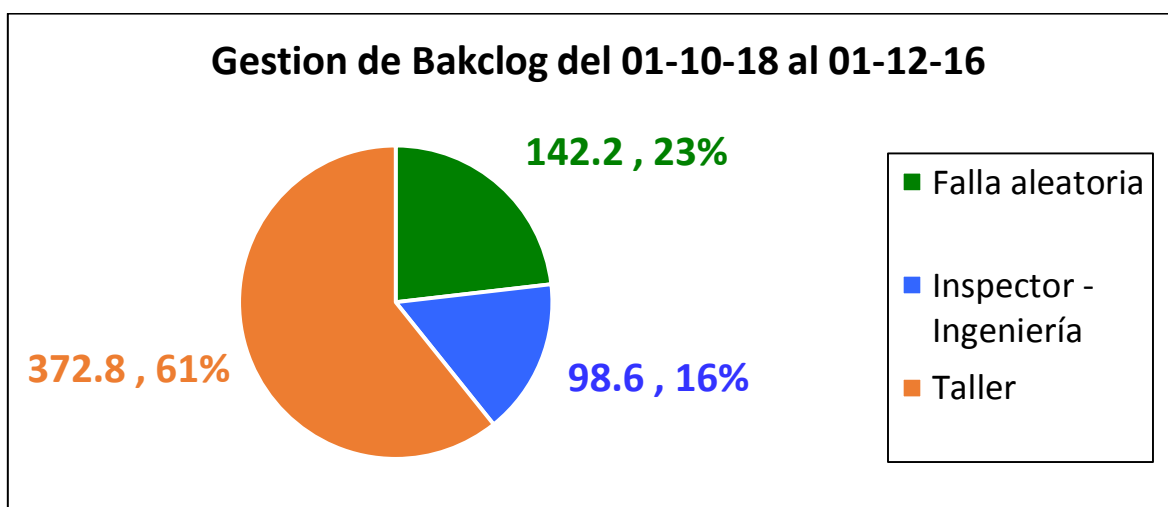
Fuente: Elaboración propia.



La tabla muestra una variación significativa en el cumplimiento de las ordenes de trabajo, durante los meses de estudio, se puede apreciar que no se logra alcanzar a la meta establecida en el cumplimiento, este análisis nos da el panorama como se encuentra la gestión actual en base a la planificación, programación y ejecución de las OT's correctivas y preventivas la cual corresponde a servicios realizados a los equipos de la flota de camiones de la organización, se considera incluir este análisis y considerarlo como un indicador de la gestión.

Por todo lo expuesto, se originó una carga de backlog de trabajos pendientes el cual la empresa no pudo manejar. Dicho backlog se presenta a continuación:

Tabla 13. Backlog - Año 2015-2016.



Fuente: Elaboración propia

De los valores mostrados en el grafico se puede determinar que la gran parte de generación de backlogs (61%), se dan en el taller de mantenimiento específicamente durante los trabajos de mantenimiento de los equipos, debiendo estos ser identificados durante las inspecciones programadas de dichos equipos los cuales entran con frecuencias de 125 horas ver figura 31, (16%) es generado por el departamento de confiabilidad y (23%), en campo en la cual se le realiza la inspección de todos los sistemas del equipo identificando fallas que podrían afectar a la confiabilidad y disponibilidad del equipo, en este punto no se da la importancia debida.

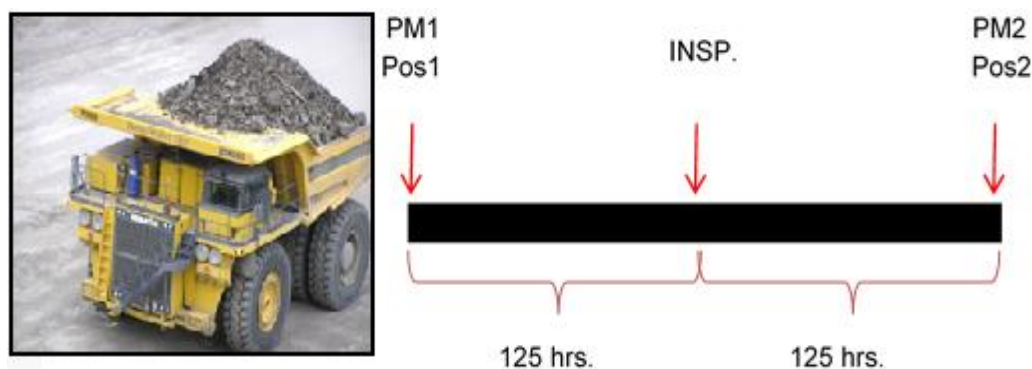


Figura N° 31: Frecuencias actuales del mantenimiento (fuente departamento de confiabilidad).

La no ejecución de las órdenes de trabajo planificadas y programadas; los backlog sin identificar a tiempo pueden ocasionar las siguientes consecuencias en una gestión del mantenimiento:

1. Falta de capacidad para la mejora:

La falta de capacidad para la mejora se debe a que la institución, como ya se mencionó en los problemas actuales, no cuenta con políticas y objetivos claros ni indicadores de desempeño que se respeten, dificultando o imposibilitando que las actividades, procesos finales eleven su calidad.

2. Desviación de la estrategia de la compañía:

El área actual de mantenimiento, al no contar con una estrategia clara y definida a corto, mediano y largo plazo no contribuirá con la estrategia empresarial global de la corporación debilitando así la capacidad competitiva general del área de mantenimiento.

3. Pérdida de disponibilidad y confiabilidad:

Este problema de alto potencial se da como consecuencia de que no se tendrá la capacidad para una mejora clara en el desempeño del área, siempre que se continúe con la misma gestión.

3.4. Con respecto al objetivo 04: Elaborar las estrategias de reingeniería de gestión de mantenimiento.

Del análisis ya se tiene identificado el problema actual y las causas, es necesario desarrollar la propuesta de un plan de acción integro que erradique este mal definitivamente, para lograr las metas que se tiene propuestas por el sistema de gestión de la empresa que hasta el momento no están siendo claramente alcanzadas. El nuevo plan de reingeniería a la gestión de mantenimiento evaluada, tendrá la prioridad como objetivo principal establecer un sistema de gestión reestructurado y documentado para el área de mantenimiento y que esto le permita mejorar sus operaciones tanto en su ejecución como en su control mismo y así mejorar la calidad de los servicios otorgados para el área de operaciones mina como principal cliente, el plan de acción de reingeniería se iniciará con el análisis FODA y la formulación de la cadena de valor del área de mantenimiento, ver figura 31. Con ello se dará a conocer de manera cualitativa la situación actual y a partir del análisis, se propondrán las nuevas soluciones durante el desarrollo.

En el nuevo desarrollo de las estrategias planteadas en base al análisis, el cual combatirán las causas de la baja disponibilidad y confiabilidad que viene dándose en los indicadores de la gestión de mantenimiento para la

flota de camiones 730E-6, referentes al mantenimiento, se especificarán los siguientes puntos:

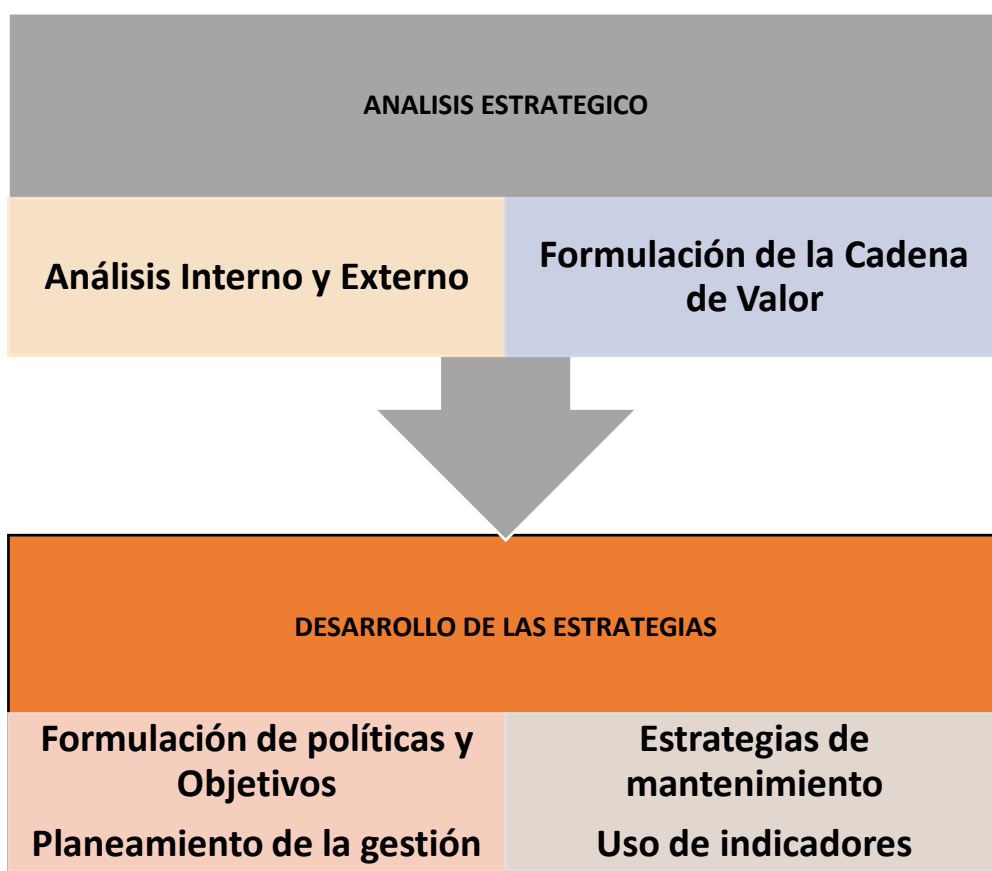


Figura 31. Etapas de plan de acción en base a FODA.

Nueva formulación de políticas y objetivos para la nueva gestión.

Nuevo planeamiento de la gestión

- Reorganización de los registros y mejora de documentos
- Planeamiento y control de Herramientas y materiales
- Desarrollo del capital humano
- Coordinación con clientes y presentación de informes técnicos
- Análisis de equipos en base a modos de falla (AMEF)
- Nuevas estrategias de mantenimiento
- Uso y definición de indicadores
- Programa de soluciones
- Registro de los costó de soluciones

Cabe mencionar y señalar que para el tema de las auditorias en base a FODA, se utilizará la verificación de todas las soluciones a plantear, así como el uso de los indicadores para determinar la eficacia del nuevo plan.

3.4.1. Etapa de Ejecución.

Análisis estratégico de gestión.

El estudio y análisis estratégico a desarrollar consistirá de dos partes principales: análisis interno y externo del área de mantenimiento, y la formulación de la cadena de valor, vistas desde el análisis FODA.

El análisis se tiene representado en la figura No. 31, donde se observa que claramente las debilidades del área de mantenimiento actual son mayores en número a sus fortalezas encontradas. Con ello es posible que podemos darnos cuenta que el sistema de mantenimiento actualmente utilizado es incipiente e inefectivo, si bien es cierto se cuenta con todo el conocimiento técnico especializado este no es adecuado en estos momentos, no son aprovechados de forma segura en toda su extensión por la organización. Aunque actualmente no se haya considerado en el FODA actual, la debilidad del área de mantenimiento es que no cuenta con un norte definido ni un rumbo bien definido y por ello no puede mejorar condenándola al fracaso si se continua de esta manera.

En el cuadro de “DEBILIDADES” se han podido identificar las causas raíces de los problemas en cuestión, ver tabla 15 del análisis FODA.

Tabla 14. Análisis FODA actual.

FORTALEZA	DEBILIDADES
<ul style="list-style-type: none"> - Conocimiento y experiencia en el mantenimiento de equipos mina por parte del personal Técnico. - El área de mantenimiento está formada por un número 	<ul style="list-style-type: none"> - No se tiene un sistema de gestión claro. - No se gestiona la documentación de los equipos en mantenimiento de manera eficiente. - No se ejecutan las órdenes de trabajo programadas y planificadas.

relativamente pequeño de personas dedicadas al control de la gestión.	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de capacitación especializada del personal en nuevas tecnologías. - No existen políticas definidas ni objetivos claros en el área de mantenimiento.
<p>OPORTUNIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> - Crecimiento y desarrollo profesional para el personal. - Generación de perfil en base a la línea de carrera del técnico especialista. - Crecimiento económico en base al desarrollo profesional. 	<p>AMENAZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Potencial de pérdida de los equipos - Potencial de pérdida componentes. - Sobrecostos por trabajos repetitivos. - Deterioro de la imagen del área de mantenimiento

Fuente: Elaboración Propia

Cadena de valor

Analizada la gestión actual del área de mantenimiento de forma interna y forma externa del área de mantenimiento mina, se procederá a desarrollar su cadena de valor para reconocer cuáles son las actividades que generan y quitan valor al mantenimiento. Identificadas éstas actividades, podremos designarlas de nuevos recursos para hacerlas más fuertes y sólidas a fin de mejorar los procesos internos de la gestión en base a la reingeniería.

Los procesos identificados de mayor valor que agregan al área de mantenimiento, están bien identificados que son necesarios de mencionar a los procesos de programación y planificación (asegurar que los trabajos a realizar cuenten con los recursos efectivos y tiempos necesarios para su ejecución de cada orden de trabajo), en base a los nuevos lineamientos del mantenimiento considerarse como mantenimiento eficiente.

En líneas generales la estrategia de solución, como se ha mencionado anteriormente, trata acerca del desarrollo y aplicación de un sistema de gestión formal, documentado y auditable que no sólo permita combatir con

las falencias encontradas, sino que promueva la mejora continua del área y por qué no de la organización pudiendo tomarse como punto inicial para promover la calidad total en las operaciones de la empresa. Dicho sistema de gestión debe abarcar todos los aspectos que se presenta en el ciclo de mantenimiento tales como políticas y objetivos del área que encaminarán sus operaciones, el planeamiento de la gestión que permita el uso correcto de los recursos, indicadores de gestión, estrategias de optimización, etc.

Tabla 15. Cadena de Valor – Mantenimiento.

Área Comercial: búsqueda constante de nuevos clientes-alta flexibilidad de negociación-considerable experiencia en el mercado de elevadores-Rápida atención al cliente-Constante comunicación con los clientes.			
Área de contabilidad: Estricto control de ingresos y egresos en la organización-Alto compromiso con la ética			
Logística y abastecimiento: Buena comunicación con las demás áreas-Buen conocimiento de importación y exportaciones- Falta de capacidad de negociación-Falta de capacitación en compras técnicas.			
Instalación y montaje: Existen planos y documentación técnica de las instalaciones-equipo de instaladores con experiencia-Fabricación de ascensores a la medida del cliente- falta de indicadores de control-falta de compromiso con la organización-conocimiento empírico mayoritario- Búsqueda de I+D.			
Planeación y Planificación Ausencia de registros OT'S Descuidada coordinación con los clientes (Operaciones Mina)	Ejecución No se cumplen con la ejecución de las ordenes de trabajo programadas Déficit de	Supervisión y Control No existen indicadores de desempeño Incremento en los costos de operación	Capital Humano Buen conocimiento de actividades de mantenimiento Falta de planes de capacitación Falta de motivación del personal

Ausencia de registros y documentos	ingreso monetario esperado No existe registro de solución de Fallas		
------------------------------------	--	--	--

Fuente: Elaboración Propia

Desarrollo de la estrategia propuesta:

Antes del desarrollo de la estrategia propuesta en base a la reingeniería, es necesario mencionar y dejar claro que no se ha realizado una auditoria inicial del área en fechas anteriores, que no existen documentos que permitan y faciliten hacerlo dicho proceso. Una estrategia se desarrolla y se controla desde todos los puntos definidos para la mejora siguiendo la matriz a desarrollar realizando una constante retroalimentación para evitar que la nueva estrategia fracase.

Formulación de políticas y objetivos

Políticas

Las políticas del área de mantenimiento deberán ser planteadas y redactadas por el jefe del departamento de mantenimiento, revisadas y aprobadas por el gerente general del área al menos una vez por año de aprobada. Estas nuevas políticas deberán estar alineadas y direccionadas a ser parte de la política general de la empresa.

Objetivos

La presentación y fijación de nuevos objetivos del departamento es un tanto complicado puesto que no existe información tangible que permita proponer objetivos futuros cuantificables. Preliminarmente los objetivos de manera cualitativa deben apoyarse en base a un indicador que regule el alcance de éstos. Los objetivos propuestos y sus indicadores asociados a este se presentan en la tabla 17. Después de haber desarrollado y puesto

en marcha el nuevo sistema de gestión de mantenimiento, se podrá contar en todo momento con información formal y cuantificable que se tendrá recopilada, dando la posibilidad de trazar y cuantificar objetivos que se deseen y así

plantear acciones necesarias adecuadas que busquen eliminar la brecha que existirá siempre entre los indicadores de gestión que se posean en ese momento y las cifras a las que se deseen llegar desde el plan inicial.

Tabla 16. Objetivos e Indicadores.

OBJETIVO	INDICADOR
Proporcionar un buen servicio de mantenimiento que sea confiables y seguros a todas las unidades.	-Disponibilidad y confiabilidad de unidades. -Número de reparaciones correctivas (deben disminuir)
Cumplir la ejecución de todas las órdenes de trabajo programadas en su totalidad con el personal necesario.	-Número de servicios de mantenimiento realizados en el mes por flota. -Gestión de KPIS y documentos de registro.
Uso correcto y eficaz del tiempo de repuesta para resolver averías.	Tiempo de respuesta a averías MTTR.

Fuente: Elaboración Propia

3.4.2. Planeamiento de la gestión.

Mejoras en la Organización

El área de mantenimiento ya cuenta con un organigrama de puestos y directrices general establecido para cada función, donde se incluye la jerarquía de puesto por área y sub área y cada profesión en base a la especialidad del área de mantenimiento. Si bien es cierto esta organización cumple con lo requerido por la empresa, pero sin embargo no está siendo efectivo, por lo que se plantea una reorganización en base al contexto operacional y los nuevos

lineamientos de la empresa para un mejor control tanto en mantenimiento preventivo como correctivos, ver figura 31

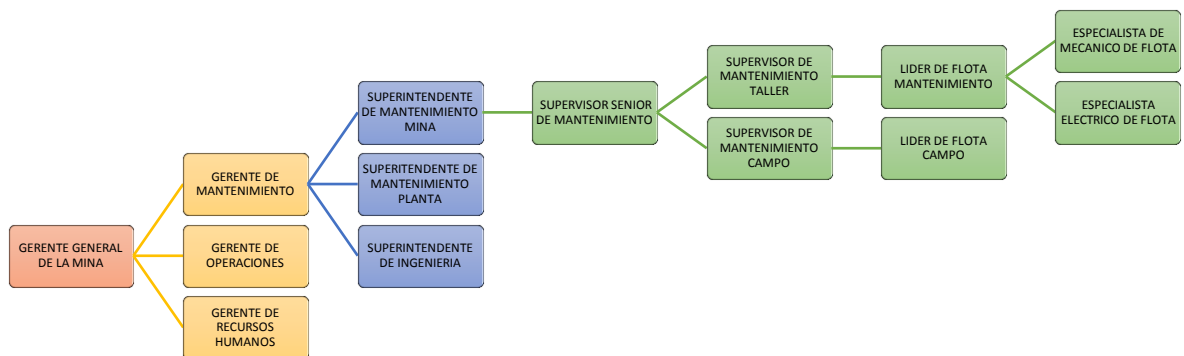


Figura 31. Organigrama del Área propuesta.

Como se puede apreciar, el área de mantenimiento está conformada por 21 técnicos de mantenimiento, Sin embargo, específicamente para mantenimiento se cuenta con 20 personas incluyendo al jefe de departamento, las definiciones de los perfiles de los puestos de trabajo actualmente carecen de un documento oficial y formal donde se especifique en qué consisten cada uno de ellos y las tareas a desarrollar por cada uno. Se desarrolla dicho formato con apoyo del jefe, los supervisores y los dos técnicos con mayor experiencia y la participación de un especialista de la empresa en temas de gestión para su elaboración. El nuevo formato del documento propuesto es el que se muestra en la tabla 18. Como se puede apreciar, el documento especifica todo lo necesario para cada puesto de trabajo tal como el objetivo del puesto en base al perfil del técnico, el número de plazas con los que se cuenta, la dependencia del puesto

(indica el jefe directo de cada puesto), y los requisitos académicos y técnicos con los que debe contar la persona para cubrir ese puesto. Esto será de gran importancia para conocer cuáles son las habilidades actuales con las que se cuenta por cada técnico y compararlas así con las requeridas pudiendo proponer un plan de capacitación para cada puesto en caso de ser requerido.

Tabla 17. Formato-descripción puesto de trabajo.

IDENTIFICACIÓN DEL PUESTO			
TITULO PUESTO:	DE	Técnico de Mantenimiento	
GERENCIA:	Lagunas Norte	SECCION:	Mantenimiento
AREA:	Mantenimiento Mina	OCUPANTE	
SEDE:	Lagunas Norte		
1. PROPOSITO GENERAL			
Programar, ejecutar y controlar el cumplimiento de las Rutas de inspecciones de la maquinaria pesada y de planta, utilizando herramientas y/o instrumentos especiales, para mejorar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos que requiere la producción, en concordancia con los altos estándares de calidad, seguridad y respeto al medio ambiente que exige MBM, para trabajos correctivos y preventivos.			
2. PRINCIPALES RESULTADOS			
ACCIÓN Y FUNCIÓN		RESULTADO FINAL ESPERADO	
(Qué hace?)		(Para qué, porque y cómo lo hace?)	
Formular y ejecutar las rutas de inspecciones del área de confiabilidad, identificando mejoras formatos de estas.		Para mejorar la confiabilidad de los equipos. En este punto se identificarán los equipos críticos en los que se realizará las rutas de inspecciones y a la vez se validará si las frecuencias y los formatos son los correctos.	
Recolección, análisis, procesamiento, elaboración y entrega de reportes producto de las Inspecciones, vía electrónica.		Para entregar información a predictivo. Con esto se espera obtener un historial de las actividades realizadas a los equipos, generar tendencias de comportamiento, planificar y programar las acciones correctivas, evitando así trabajos no planificados.	
Revisar la información de los checklist y/o OTs preventivas ejecutadas por taller (Formatos de PMs, inspecciones, etc.)		Con esto se espera complementar la información del punto 3.	
Generar las órdenes de trabajo correctivo planificado (BCK), producto de las inspecciones, asegurando la calidad de las OTs.		Para que las acciones indicadas sean las correctas, esto se hace de manera conjunta con los analistas predictivos utilizando todas las herramientas predictivas.	
Identificar las tareas adicionales que pueden ser consideradas como actividades al mantenimiento		Para incrementar las tareas en el mantenimiento planificado y así disminuir los trabajos de emergencia.	

Participar en las evaluaciones y/o diagnósticos de los componentes o equipos que presentan fallas antes de su vida esperada.	Para asegurarnos que la información es 100% confiable y que no se vayan a cambiar componentes por error de diagnóstico.
Cumplir con las políticas, procedimientos y normas de MBM.	Trabajar con responsabilidad y con estándares de calidad que exige la empresa.
Promover las buenas relaciones laborales y el trabajo en equipo.	Para trabajar en armonía en toda el área de mantenimiento.
MEDIO AMBIENTE	
Cumplir con las normas de protección al medio ambiente y código de Cianuro.	Para evitar toda contaminación y trabajar de acuerdo a los estándares de MBM, cumpliendo las normas de medio ambiente.
Reportar cualquier tipo de derrame o incidente que afecte al medio ambiente.	Controlar y eliminar los residuos derramados, así como proteger el medio ambiente.
Minimizar los efectos adversos al medio ambiente.	Para conservar el medio ambiente.
SEGURIDAD	
Reportar las condiciones y prácticas sub estándares.	Mejorar las condiciones y eliminar las malas prácticas para así evitar los incidentes.
Cumplir con las normas establecidas en el Reglamento de Seguridad y Salud Minera.	Evitar incidentes y proteger y cuidar nuestra salud.
Hacer buen uso de los equipos de protección personal.	Usar los EPP de acuerdo a la política de seguridad de la empresa.
Mantener el orden y limpieza del lugar de trabajo.	Cumplir con la política de MBM

3. PERFIL

EDUCACION FORMAL Y EXPERIENCIA REQUERIDA			
NIVEL/ESPECIALIDAD EDUCATIVA: Debe poseer formación en ingeniería o Técnica en las especialidades de Mecánica, eléctrica, electrónica, o carreras afines.			
IDIOMA Y NIVEL REQUERIDO: Ingles a Nivel Básico.			
LICENCIA DE CONDUCIR: Debe tener licencia de conducir de tipo A – I como mínimo.			
EXPERIENCIA (TIEMPO Y AREA):			
Inspector de Mantenimiento Mina: Debe poseer como mínimo 3 años de experiencia en Mantenimiento de equipo pesado en operaciones de tajo abierto.			
CAPACITACION REQUERIDA			
NIVEL: 1.- Aprendiz. 2.- En Desarrollo. 3.- Promedio. 4.- Bueno. 5.- Experto			
NIVEL: Bueno B - Experto E			
Competencia / Conocimiento	Nivel	Competencia / Conocimiento	Nivel
Sistema de Gestión del Mantenimiento	3	Métodos y técnicas predictivas.	2
Conocimientos de ofimática y base de datos.	3	Mejoramiento continuo.	4
Conocimiento de sistemas de información de mantenimiento (EAM Oracle, Discoverer, Viziya, otros).	3	Conocimiento del uso de herramientas de inspección y diagnóstico.	4
Conocimiento técnico en mecánica, hidráulica, neumática, electricidad y electrónica.	5	Manejo de software ET, VIMS, SIS Web, CCM, Eparts, Cense, Statex, PLM, VHMS, etc.	4

COMPETENCIAS PERSONALES			
NIVEL: 1.- Aprendiz. 2.- En Desarrollo. 3.- Promedio. 4.- Bueno. 5.- Experto			
Requisitos físicos requeridos	Nivel	Capacidad y habilidades requeridas	Nivel
Resistencia a la altura aproximadamente a 4100 metros sobre el nivel del mar.	4	Fluidez en la comunicación.	4
Capacidad para levantar peso aproximado de 25 Kg.	4	Iniciativa.	5
Capacidad física para recorrer todos los lugares de trabajo de MBM.	4	Mente abierta para escuchar.	5
		Capacidad para trabajar bajo presión.	5
		Creatividad.	5
		Liderazgo.	5

Figura 32. Perfil de puesto de trabajo propuesto.

Creación de registros y documentos.

La falta de registros documentarios es una causa de que la gestión del mantenimiento sea ineficiente; vale mencionar, no se controlan las actividades planificadas y programadas que pueden originar la disminución de indicadores de gestión del mantenimiento. Por tal motivo, es necesaria la creación y documentación de registros y documentos que sirvan como base de control y como información histórica para la mejora de los procesos y auditorías de la gestión, este formato debe ser simple y de fácil entendimiento donde se considere toda la información necesaria para un análisis posterior de información.

Para desarrollar un registro o documento se deberá seguir el siguiente diagrama de flujo para llevar un mejor control de la organización manejando así de forma eficiente el control de registros de datos y la trazabilidad de la información para mejorar la gestión del mantenimiento. Ver figura 33.

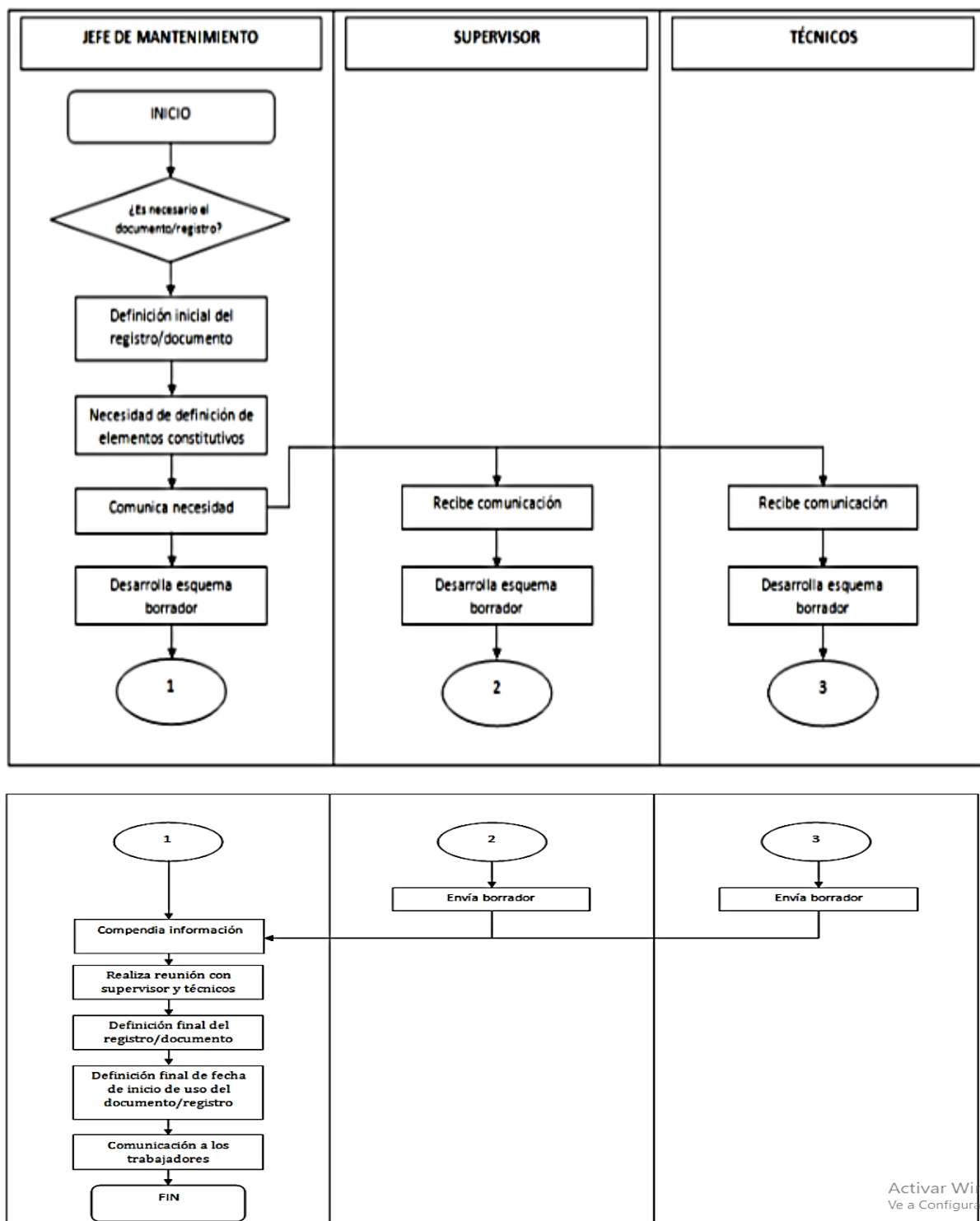


Figura 3312. Desarrollo de Registros y Documentos.

Como se aprecia en la gráfica para el desarrollo de cada documento efectuado por el personal técnico o registro histórico de fallas, se necesitará obligatoriamente la participación de la parte operativa y de supervisión para su mejor elaboración y control de la información.

Órdenes de Trabajo.

Actualmente no se manejan órdenes físicas de trabajos para las actividades de mantenimiento. Esto genera la falta de información y recopilación de datos para la formulación y uso de indicadores de mantenimiento, así como un débil seguimiento de los trabajos correctivos y preventivos, no se tiene trazabilidad de la información. La empresa cuenta con un programa de gestión de mantenimiento el cual cuenta con esta opción de poder imprimir en físico las ordenes de trabajo para su control, esta opción se encuentra deshabilitada por el poco uso que se dio y la falta de manejo del programa, se plantea un modelo de formato temporal en la tabla 18, mientras se soluciona el problema del programa.

Informes.

Los informes técnicos e informes especializados tendrán dos campos de aplicación.

El primero será realizado por el personal técnico donde realice en base a las tareas ejecutadas para cada acción correctiva o mantenimiento del equipo el cual será redactado posterior a los trabajos esto servirá para controlar la calidad de los servicios. El segundo uso tendrá carácter interno y de especial cuidado para su elaboración pues estos servirán como hoja de ruta para los modos de fallas que se presenten, también ayudarán al departamento de ingeniería a determinar los posibles y potenciales modos de fallas que están afectando a la confiabilidad de la unidad con el fin de atacar con el mantenimiento predictivo o proactivo, lo que se busca es eliminar la falla en base a la información obtenida, visto desde el punto AFA, se busca sincerar la información de campo para su análisis, se plantea un modelo de informe en la figura 34.

Tabla 18. Formato-Orden de Trabajo.

LOGO DE LA EMPRESA	ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO		No. ORDEN:
DATOS GENERALES			
Equipo:	Fecha de Solicitud:	Fecha requerida:	
Solicitante:			
DESCRIPCIÓN			
Trabajo solicitado:			
Motivo:			
Posible Causa:			
Observaciones:			
Fecha de Inicio:	Fecha de Terminó:	Parada de Equipo: 00:00:00 Hrs.	
Responsable:			
Descripción del problema:			
Causa:			
Acciones tomadas:			
Situación de la orden	Finalizada:		
	Finalizada provisionalmente:		
	Pendiente:		
Técnico	Hora de inicio	Hora final	
		TOTAL	
REPUESTOS CONSUMIDOS			
Cantidad	Descripción	P. Unitario	Total

Fuente: Elaboración Propia

Logo de la empresa		Nombre de la Empresa			
Señores					
Nombre de la empresa, junta de propietarios o cliente particular					
Dirección de la ubicación					
Distrito					
Presente					
Referencia:					
No. de informe					
No. de presupuesto					
PRESENTACIÓN					
Características del elevador					
Equipo (cantidad)	No. de paradas	No. de accesos	Capacidad (Kg.)	Maniobra Electrónica/ Electromec.	Origen (fabricante)
DETALLE DE LAS OBSERVACIONES					
RECOMENDACIONES					

Figura 34. Formato de Informe Técnico.

Material técnico del equipo.

Los archivos técnicos contendrán la información de los equipos referentes a:

- Planos hidráulicos y eléctricos del equipo.

- De no contar con los planos se confeccionarán con la participación de los supervisores, proveedores y técnicos con mayor experiencia en la organización, realizando un levantamiento de información el equipo.
- Manuales de operación y mantenimiento.
- Cartillas de rutas de inspección
- Chek list de mantenimiento.
- Cartillas de engrase del equipo

Archivos de mantenimiento.

Se debe desarrollar controlar y gestionar los archivos de mantenimiento de cada equipo donde se anexará la siguiente información:

- Reportes en físico de órdenes de cada trabajo realizados en el equipo.
- Control de ejecución de las OT's de los trabajos realizados.
- Planes de mantenimiento preventivos, correctivos y predictivos - Informes de trabajo y diagnóstico.
- Reporte de costos de los trabajos realizados.
- Reporte de accidentes de seguridad.

Listado del parque de mantenimiento mensual.

El formato del listado del parque de mantenimiento se desarrollará mensualmente a especie de inventario donde se deberá indicar y enlistar los equipos que necesiten servicios de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo en base al control y gestión de horómetros de cada uno de ellos. Dicho formato se plantea en la tabla No. 20.

Tabla 19. Formato Listado unidades – mes.

LISTADO PARQUE DE MANTENIMIENTO - MES XXX					
SUPERVISOR					
UBICACIÓN	NOMBRE	DIRECCIÓN	OT	EJECUTANTES	OBSERVACIONES

Fuente: Elaboración Propia

Capital humano.

Según la tabla No. “HH disponibles vs. HH requeridas” ubicada en el segundo capítulo del presente trabajo, durante el año 2015-2016 se produjo la falta de horas hombre para la culminación de las ordenes de trabajo de mantenimiento ocasionando un incremento de backlog que no se pudo eliminar. Por ello, es necesario realizar un estudio de carga de trabajo para reconocer y estandarizar el mantenimiento, cuánto debe tomar la ejecución de un servicio de mantenimiento. Esta gestión es una herramienta importante donde se podría planificar más personal para realizar cada servicio para que éste dure el menor tiempo posible y reduzca los impactos y poder cumplir así con el listado del parque de mantenimiento para cada mes específico sin contratiempos por falta de gente.

La estandarización adecuada de cada uno de los tiempos requeridos para el desarrollo de los servicios de mantenimiento puede darse a través de:

- Realizar estudios duración de cada trabajo.
- Comparación de los tiempos actuales con estándares internacionales proporcionados por otros indicadores de mantenimiento de otras operaciones o de la corporación.
- Capacitaciones de especialización en el equipo.

El personal de mantenimiento operativo, llámese supervisores y técnicos colaboradores, cuentan con gran experiencia en el

rubro de mantenimiento de unidades mineras. Sin embargo, y como es de índice común en las empresas en éste país, muchos de ellos no cuentan con estudios técnicos superiores siendo su conocimiento producto de la experiencia obtenida por el pase de diferentes empresas a lo largo de los años (conocimiento empírico). Por de equipos muy complicados y de gran valore es importante recordar en este punto que las capacitaciones nacionales y las capacitaciones de especialización al extranjero no son premios que se conceden a los mejores colaboradores sino una herramienta a tener presente que puede no sólo mejorar las habilidades de una persona sino también elevar su motivación para el trabajo y el compromiso con la institución. El procedimiento para desarrollar las capacitaciones se presenta en la figura No. 35. Este gráfico se encuentra en el anexo No. 02, con un mayor tamaño para su revisión.

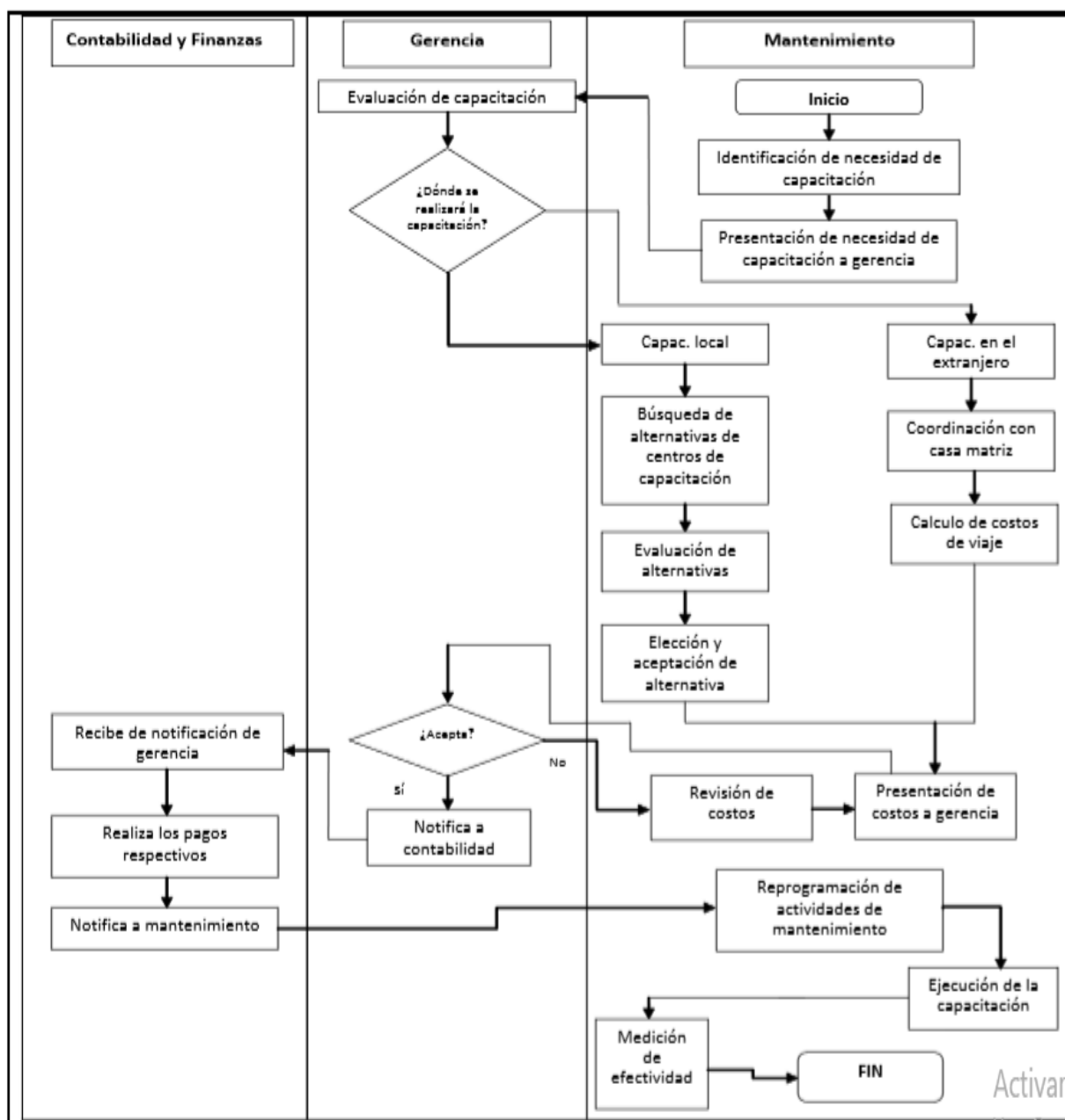


Figura 3513. Determinación de procedimiento – Capacitación.

El jefe de área de mantenimiento junto con el supervisor de mantenimiento y de flota es quienes detectan las necesidades de capacitación del personal técnico siendo el primero el encargado de proponer que personal requiere dicha especialización, el cual desarrollar y presentar los cursos de entrenamiento requeridos a gerencia de mantenimiento para poder controlar y determinar la remuneración económica en base a las capacitaciones, certificaciones y posterior desarrollo a estas por el técnico.

Análisis de Criticidad.

Podemos dividir un equipo en los sistemas críticos donde se podrá realizar un análisis de criticidad para cada uno de ellos, en función a la cantidad de fallas e impacto de estas.

La criticidad de los equipos se dará en función a los niveles de clasificación y serán de tipo A, B y C donde A indica el mayor valor de la clasificación (caro, muy importante, difícil de conseguir), seguido por B con una menor consideración dejando finalmente a C con el último nivel escalafón.

Como puede notarse en tabla N° 21. El sistema eléctrico es lo más importante la unidad tanto por el costo de adquisición como las repercusiones que puede tener en un equipo si no se le brinda los cuidados y mantenimiento adecuados.

Tabla 20. Criticidad - Sistemas de Unidades.

Sistema	Valor de adquisición	Importancia	Aprovisionamiento
Sistema hidráulico.	Medio	B no funciona al 100%	Difícil
Sistema eléctrico	Alto	Paraliza el equipo	Difícil
Motor Diésel	Medio	B no funciona al 100%	Difícil
Cabina y puertas de cabina	Bajo	bajo	Difícil
Electrónica y control	Medio	Paraliza el equipo	Difícil
Chasis - estructura.	Medio	B no funciona al 100%	Difícil
Tracción llantas	Bajo	B no funciona al 100%	regular
Suspensión	Medio	B no funciona al 100%	Difícil

Fuente: Elaboración Propia

Elaboración del AMEF.

Elaboramos el AMEF en base a la criticidad de los sistemas que más afectan la disponibilidad y confiabilidad, esta consideración esta en base a la obtención del Número de Prioridad de Riesgo del equipo en base a la falla, para lo cual se plantea el formato, ver figura 36.

Logo de la empresa		ANÁLISIS DE MODOS DE FALLA				Versión	Página
						Código	
Fecha de Elaboración:							
Ítem	Nombre del Componente	Función del Componente	Fallas Posibles			Acción Preventiva	Acción Correctiva
			Modo	Efecto	Causa		
Elaborado por:							
<ul style="list-style-type: none"> • • • 							

Figura 3614. Formato de Análisis de modos de falla.

La recopilación de modos de falla en los diferentes sistemas de cada unidad darán ayuda en la reducción de tareas de mantenimiento correctivo en campo, siempre y cuando estas estén documentadas y debidamente almacenadas para su posterior revisiones, para lo cual se crea formatos para el control AMEF, ver figura 36, el casillero “acción preventiva” no se refiere necesariamente a que se deba realizar una acción de carácter preventivo, sino que se deberá colocar si a un componente se le está aplicando técnicas preventivas o predictivas para “prevenir” sus fallos funcionales en base al análisis de no arroja el AMEF y reducir los efectos de la falla.

3.4.3. Uso de indicadores de Órdenes de trabajo-Plan.

Debido a que la empresa es una organización que presta servicios a el área de operaciones mina, esta gestión debe ser medida también en base a la calidad de servicio y cumplimiento de estas, por lo cual, se analizan las ordenes de trabajo programadas Vs la no programadas, para lo cual se toma como ejemplo el análisis de las ordenes de trabajo en los años 2015-2016, ver figura 37. Se observa un bajo cumplimiento de órdenes de trabajo.

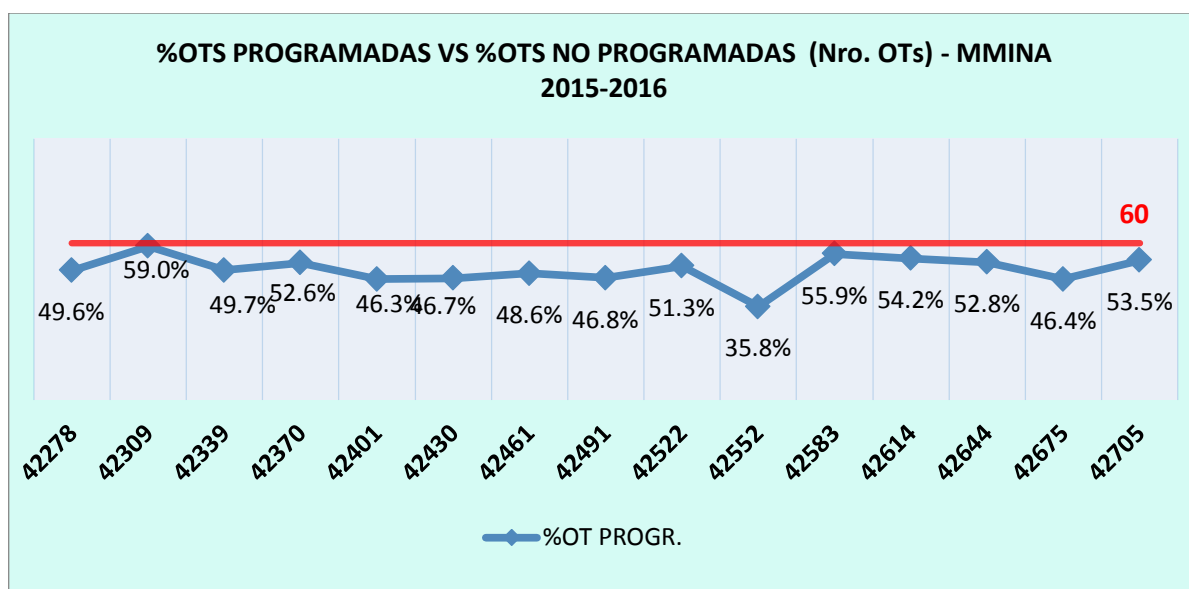


Figura 3715: Comparacion de OTs Programada Vs no programada año 2015-2016. Fuente elavoracion propia.

3.5. Respecto al objetivo 05: Determinar la disponibilidad y confiabilidad después de la implementación de las estrategias de reingeniería.

3.5.1. Disponibilidad.

De la figura 38, podemos notar el comportamiento de la disponibilidad en los años 2015 al 2016, y posterior a estos años el 2017, siendo este estable casi lineal en el tiempo a diferencia de los años anteriores que es una disponibilidad aleatoria no siendo estable, este indicador es una consecuencia de una confiabilidad inestable en el tiempo; así mismo mencionar que este tipo de comportamiento aleatorio de la disponibilidad nos asegura el cumplimiento de metas establecidas por parte de la empresa.

La disponibilidad obtenida con la aplicación de la reingeniería a la gestión del mantenimiento para finales del año 2017 fue de 86.0% en promedio, logrando así alcanzar la meta propuesta para la empresa.

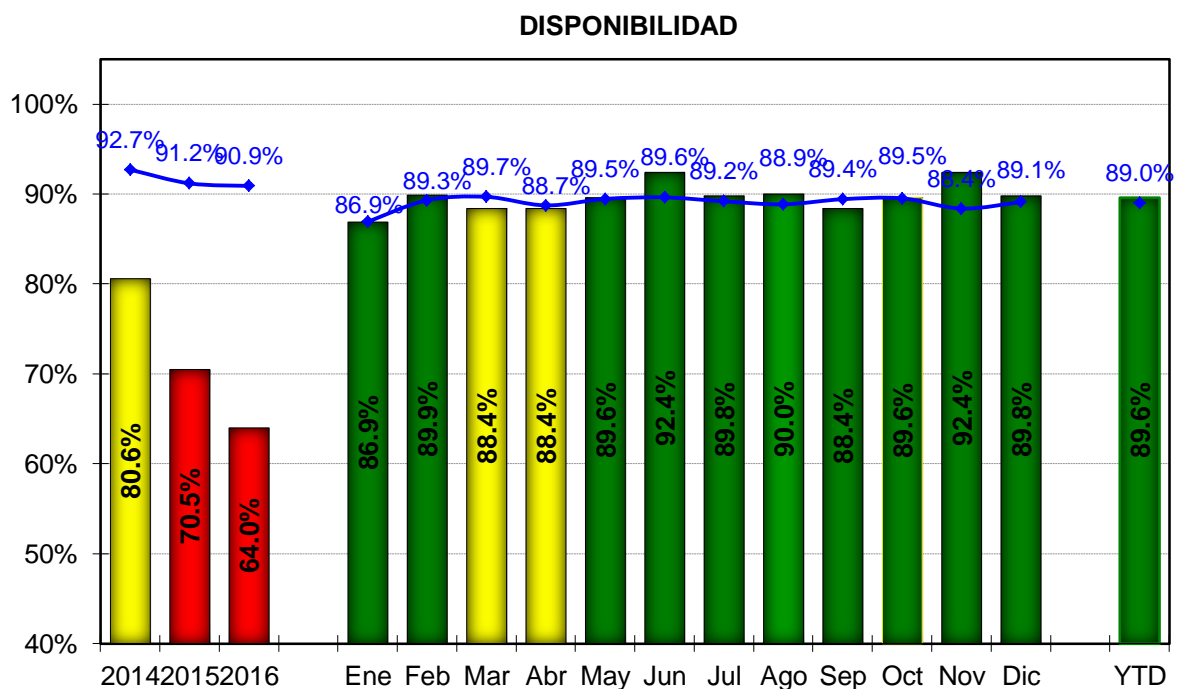


Figura 16. Disponibilidad antes y Disponibilidad despues (2016-2017).

3.5.2. Confiabilidad.

El tiempo total de funcionamiento siempre sigue siendo de 600 horas al mes por equipo que debe de trabajar en las mejores condiciones de operación para prestar una buena confiabilidad sin presentar ninguna falla por lómenos por un periodo largo de trabajo dando espacios para la planificación y programación de las actividades de mantenimiento. La confiabilidad actual que se encuentra es de 54.4 H, ver tabla 22, siendo este valor un valor confiable demostrando que el camión entrara con un promedio de 54 horas mejorando la gestión que se tenía en la flota de camiones; se puede determinar que la flota es confiable para la operación de la empresa, este valor se muestra en la figura 42.

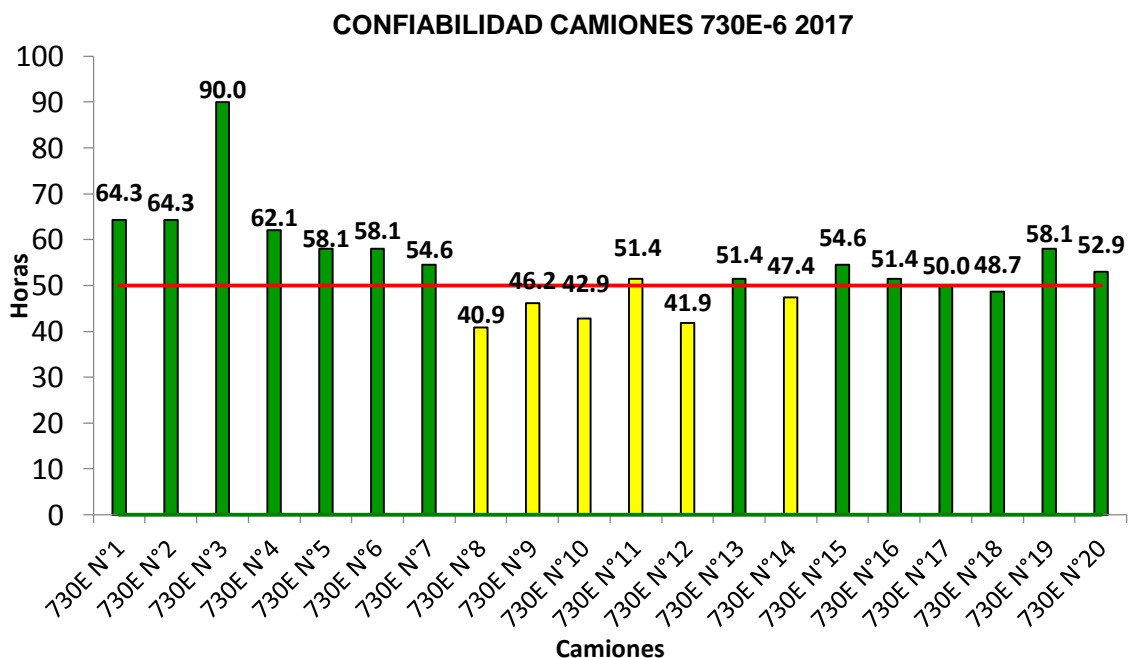


Figura 17. Confiabilidad de los Equipos Komatsu despues del plan de mantenimiento

3.5.3. Confiabilidad después de la mejora del plan de mantenimiento.

Tabla 21. Confiabilidad después de la mejora del plan de mantenimiento (2017)

Unidad	T-Max (H)	Promedio 2017	T-paro promedio	Tiempo perdido mensual	T-util mensual	MTBF	MTTR	MTBF/ (MTBF+MTTR)
1	600	9	6	56	544	64.29	6.00	0.91
2	600	9	14	131	469	64.29	14.00	0.82
3	600	7	15	100	500	90.00	15.00	0.86
4	600	10	10	97	503	62.07	10.00	0.86
5	600	10	10	103	497	58.06	10.00	0.85
6	600	10	7	72	528	58.06	7.00	0.89
7	600	11	8	88	512	54.55	8.00	0.87
8	600	15	9	132	468	40.91	9.00	0.82
9	600	13	6	78	522	46.15	6.00	0.88
10	600	14	8	112	488	42.86	8.00	0.84
11	600	12	6	70	530	51.43	6.00	0.90
12	600	14	8	115	485	41.86	8.00	0.84
13	600	12	15	175	425	51.43	15.00	0.77
14	600	13	8	101	499	47.37	8.00	0.86
15	600	11	5	55	545	54.55	5.00	0.92
16	600	12	11	128	472	51.43	11.00	0.82
17	600	12	7	84	516	50.00	7.00	0.88
18	600	12	10	123	477	48.65	10.00	0.86
19	600	10	8	83	517	58.06	8.00	0.88
20	600	11	13	147	453	52.94	13.00	0.80
PROMEDIO →				2051		54.45	9.20	0.86= 86%

Fuente: Elaboración del autor a partir de los datos de la empresa

3.6. Respecto al objetivo 06: Se determina la validación económicamente de la estrategia de reingeniería

3.6.1. Costo de hora de parada.

La empresa tiene estipulado que el costo de hora de parada es de US\$ 300.00 que incluye los costos de reparación durante las horas de parada. Estos costos no incluyen repuestos, solamente gastos de personal y administrativos.

3.6.2. Costo de parada por hora antes del plan de mejora

Para calcular el costo de parada, se promedió el número de paradas por unidad en los últimos 15 meses, se lo multiplico por el promedio de duración de paradas y se lo multiplico por el costo de parada. Estos resultados se muestran en la tabla 23.

Tabla 22. Costo de parada por hora antes del plan de mejora

Unidad	Paradas - Unid	Promedio mensual de parada (hr)	Promedio de duración de parada	promedio de horas de parada (hr)	Costo mensual US \$	Costo anual US \$
1	284	18	0.87	15.66	4,087	49,047
2	309	21	0.55	11.55	1,906	22,869
3	224	15	0.99	14.85	4,410	52,925
4	319	21	1.41	29.61	12,525	150,300
5	269	18	0.22	3.96	261	3,136
6	272	18	0.63	11.34	2,143	25,719
7	228	15	0.65	9.75	1,901	22,815
8	348	23	1.05	24.15	7,607	91,287
9	294	20	1.5	30	13,500	162,000
10	276	18	0.78	14.04	3,285	39,424
11	243	16	0.88	14.08	3,717	44,605
12	271	18	0.7	12.6	2,646	31,752
13	267	18	0.59	10.62	1,880	22,557
14	274	18	1.1	19.8	6,534	78,408

15	265	18	0.52	9.36	1,460	17,522
16	233	16	0.84	13.44	3,387	40,643
17	254	17	1.14	19.38	6,628	79,536
18	243	16	0.78	12.48	2,920	35,044
19	259	17	0.35	5.95	625	7,497
20	288	19	0.42	7.98	625	7,497

Fuente: Elaboración del autor a partir de los datos de la empresa

Se puede apreciar en la tabla que el costo total de las paradas fue de US\$ 984,060

3.6.3. Costo de parada después del plan de mejora.

Tabla 23. Costo de parada después del plan de mejora.Unidad

N°	Promedio de paradas	Tiempo promedio Hrs	Tiempo de parada Min.	Costo de parada US\$
1	9.33	6.00	56.00	16,800
2	9.33	14.00	130.67	39,200
3	6.67	15.00	100.00	30,000
4	9.67	10.00	96.67	29,000
5	10.33	10.00	103.33	31,000
6	10.33	7.00	72.33	21,700
7	11.00	8.00	88.00	26,400
8	14.67	9.00	132.00	39,600
9	13.00	6.00	78.00	23,400
10	14.00	8.00	112.00	33,600
11	11.67	6.00	70.00	21,000
12	14.33	8.00	114.67	34,400
13	11.67	15.00	175.00	52,500
14	12.67	8.00	101.33	30,400
15	11.00	5.00	55.00	16,500
16	11.67	11.00	128.33	38,500
17	12.00	7.00	84.00	25,200

18	12.33	10.00	123.33	37,000
19	10.33	8.00	82.67	24,800
20	11.33	13.00	147.33	44,200
Total	227.33	Total		615,200

Fuente: Elaboración del autor a partir de los datos de la empresa

En la tabla se puede apreciar que el costo total de parada de todas las unidades después de la aplicación del plan fue de US\$ 615,200

3.6.4. Costo del plan de mantenimiento.

Para el nuevo plan de reingeniería del mantenimiento requiere de nuevas paradas adicionales que generan costo de parada programada, el cual se detallan en la tabla 25.

Tabla 24. Costo del plan de mantenimiento.

Unidad	Nueva parada programada	tiempo	Tiempo de parada	Costo de parada adicional programada
1	4	2	8	2,400
2	4	2	8	2,400
3	4	2	8	2,400
4	4	2	8	2,400
5	4	2	8	2,400
6	4	2	8	2,400
7	4	2	8	2,400
8	4	2	8	2,400
9	4	2	8	2,400
10	4	2	8	2,400
11	4	2	8	2,400
12	4	2	8	2,400
13	4	2	8	2,400
14	4	2	8	2,400
15	4	2	8	2,400

Unidad	Nueva parada programada	tiempo	Tiempo de parada	Costo de parada adicional programada
16	4	2	8	2,400
17	4	2	8	2,400
18	4	2	8	2,400
19	4	2	8	2,400
20	4	2	8	2,400
Total US\$				48,000

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la empresa

Se aprecia que el costo promedio de paradas por mantenimiento adicional programado es de US \$ 48,000 lo que en un año representa US\$ 576,000.00

3.6.5. Costo de personal.

Para la realización de la prueba, se contó con el apoyo de personal de armado de Arequipa, sin embargo, para el funcionamiento del proyecto se reorganizará el personal que comúnmente atiende las paradas no programadas que se estima que se reusara el personal lo que los costos de personal no se alterarían.

3.6.6. Flujo de caja sin mejoras en el plan de mantenimiento (horizonte 6 años).

Tabla 25. Flujo de caja sin mejoras en el plan de mantenimiento

Concepto	2018	2019	2020	2021	2022	2023
costo de horas de parada sin mejoras	- 984,000	- 984,000	- 984,000	- 984,000	- 984,000	- 984,000

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la empresa

3.6.7. Flujo de caja con el plan de mantenimiento (horizonte 6 años).

Tabla 26 Flujo de caja con el plan de mantenimiento

Concepto	2018	2019	2020	2021	2022	2023
costo de horas de parada sin mejoras	- 984,000	- 984,000	- 984,000	- 984,000	- 984,000	- 984,000
Costo con mejoras al plan	307,500	615,000	615,000	615,000	615,000	615,000
costo de paradas programadas	48,000	48,000	48,000	48,000	48,000	48,000
Ahorro +1-2-3	628,500	321,000	321,000	321,000	321,000	321,000

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la empresa

Nota: Los costos de mejora del plan (fila 3) para el año 2018 corresponde de enero a marzo los costos correspondientes mensuales sin el plan de mejora más 9 meses (abril – diciembre) de costos con plan de mejora.

3.6.8. Valor Actual Neto sin mejoras al plan de mantenimiento.

Tabla 4. Flujo de fondos sin mejoras al plan de mantenimiento

2017	2018	2019	2020	2021	2022
-984,000	-984,000	-984,000	-984,000	-984,000	-984,000

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la empresa

VAN (10%) = US\$ 4, 285,576.53

3.6.9. Valor Actual Neto con mejoras al plan de mantenimiento.

Tabla 28 Valor Actual Neto sin mejoras al plan de mantenimiento

2017	2018	2019	2020	2021	2022
628,500	321,000	321,000	321,000	321,000	321,000

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la empresa

VAN (10%) = US\$. 1, 677,584.14

Se puede apreciar que en la aplicación de las mejoras al plan de mantenimiento traen un benéfico de US\$. 1, 677,584.14

4.DISCUSIÓN

Nuestros hallazgos guardan coincidencia con los de Leguizamo (2011) quien concluye que en su caso que la aplicación de la matriz FODA, permitió detectar las debilidades y amenazas del sistema de mantenimiento. Nosotros no aplicamos la matriz FODA por no tener el control del área de mantenimiento, sin embargo, en reemplazo de ello aplicamos el diagrama de causa y efecto, así como el análisis de Pareto al igual que él consideramos que una persona debe dedicarse a hacer análisis y seguimiento para prevenir las fallas y anticiparlas de esta forma ahorrar costos de parada.

Con respecto a (Aguirre, 2009) en el caso de ellos aplicaron la técnica Six Sigma, en una gran pauta para la mejora de nuestra propuesta, sin embargo, no se estableció las six sigma por no complicar la transición, quisimos que la aplicación sea lo más clara y sencilla a fin de que se aplique bien, una vez establecida creemos que puede perfeccionarse con las seis sigma.

(Calderon, 2014) también trae otra propuesta de mejora a nuestra propuesta que es la animación de la teoría de confiabilidad de un sistema simulado, el cual según el autor ha mejorado la operatividad de la flota en estudio. Este es un gran escenario para mejorar la propuesta, por ahora nosotros quisimos demostrar que era posible mejorar el plan y teníamos que hacerlo en un tiempo rápido, simple y contrastable. Pero sin duda la demostración que funciona, permitirá invertir más en su perfeccionamiento.

Con respecto a (Rojas, 2014) quien trabajo con unidades parecidas a nosotros y de la misma marca, al igual que nosotros el propuso mejoras, pues no es posible parar la producción para reestructurar el mantenimiento, los cambios y perfeccionamiento del plan de mantenimiento tienen que hacerse en forma gradual y esto va convenciendo a los directivos de seguir invirtiendo y mejorando los planes de mantenimiento.

Con respecto al antecedente de Rojas (2014) quien realizo su investigación con equipos similares, nuestros resultados coinciden que cada empresa a pesar de

tener las mismas unidades, cada una es una realidad diferente, en el esfuerzo de la unidad, el envejecimiento las condiciones climáticas, el personal y el mantenimiento. Usualmente todas las empresas hacen las recomendaciones del fabricante, o toman el modelo de otras, o de las sucursales en otras empresas, sin embargo, la experiencia demuestra que la empresa debe hacer un replanteo acorde a su realidad, para poder obtener el máximo de sus unidades, y esto esta acorde al FODA de las circunstancias que enfrenta el equipo y la empresas, y lograr la finalidad del mantenimiento preventivo es encontrar y corregir los problemas menores antes de que provoquen fallas, tener la lista completa de actividades, todas realizadas por usuarios, operadores y encargados de mantenimiento, para asegurar el correcto funcionamiento de esta manera, se tendrá la confiabilidad de que estos equipos operen en adecuadas condiciones de seguridad, ya que se conoce su estado y niveles de funcionamiento, consiguiendo una disminución del tiempo muerto, menos existencias en almacenes y, por ende, la reducción de los costos.

La reingeniería o adaptar la gestión de mantenimiento a la realidad de la empresa maximizando sus oportunidades y contrarrestando sus debilidades y amenazas permite que la disponibilidad de un equipo pueda aumentarse disminuyendo el tiempo fuera de servicio, lo cual es posible con la mejora de los sistemas administrativos, los procedimientos, la selección, el entrenamiento, la motivación del personal, la calidad y dotación de herramientas, el equipo de diagnóstico, los sistemas de información de equipos y la optimización de los sistemas de abastecimiento. Por lo tanto, se requiere de herramientas que permitan tomar decisiones rápidas y acertadas sobre sus principales recursos, que para las operaciones de movimiento de tierras involucre directamente a los equipos.

5.CONCLUSIONES

El nivel de disponibilidad con el sistema de mantenimiento encontrado en las unidades Komatsu730E-6 estudiadas fue de 64 %, después de la aplicación de las mejoras en la reingeniería de la gestión del mantenimiento propuesto el nivel de disponibilidad fue de 86 %, lográndose un incremento significativo de 22 %, logrando incrementar la confiabilidad de 2.24 horas a 54.4 horas con respecto a la confiabilidad de la flota de camiones entrenándose significativamente dicha confiabilidad.

Los costos promedio de parada con el sistema de mantenimiento encontrado fueron de US\$ 49.203 (100%), después de la aplicación de las mejoras en el plan de mantenimiento propuesto los costos promedio de parada fueron de US\$ 30.760 (62.52%), lográndose una reducción significativa de US \$ 18.443 (37.48 %)

El número de paradas con el sistema de mantenimiento encontrado fue en promedio por unidad de 18 por mes (100%) después de la aplicación de las mejoras en el plan de mantenimiento fue de 11 (63%), es decir hay una disminución de 6.7 paradas por unidad (37%)

El análisis económico muestra en un horizonte de 6 años, el Valor Actual Neto de los costos si se sigue trabajando con el método empleado es US\$ 4'285,576.53, mientras que si se emplea las mejoras en el plan de mantenimiento el Valor Actual Neto es de US\$ 1'677,584.14. la relación beneficio costo >1.

Finalmente se puede concluir que la mejora del plan de mantenimiento mejora la confiabilidad, reduciendo el número de paradas y los costos de parada con lo que queda demostrada nuestra hipótesis de investigación y logrados los objetivos.

6.RECOMENDACIONES

- Dado que la propuesta de mejora del plan de mantenimiento ha mejorado significativamente la disponibilidad y confiabilidad se recomienda mantener las mejoras del programa.
- Dado que la propuesta de mantenimiento ha demostrado traer ahorros significativos se recomienda perfeccionarla, hacer análisis de fallas más sensibles y minuciosas, automatizar los procesos de análisis y aumentar el personal en esta área, pues los beneficios que traen son muy superiores.
- Se recomienda hacer un estudio de reemplazo de partes que sean muy recurrentes en fallar, pues como se desprende del análisis, el ahorro en costo de paradas es muy sustancial. De otro lado, la disminución de paradas permitiría que muchas unidades que tienen de suplencia queden libres.

7.REFERENCIAS

- Aguirre, P. (2009). *Mejoramiento de calidad en la mantención de camiones extracción liebherr t 282 b, división codelfco norte*. Antofagasta: Universidad de Antofagasta.
- Barahona, E. (2010). *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad*.
- Calderon, N. (2014). *Mejora del tiempo de operatividad de camiones volquetes en proyectos de mantenimiento vial, utilizando teoría de confiabilidad en un sistema simulado*. Lima-Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Chang, E. (2008). *Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento preventivo para una pequeña empresa del rubro de minería para reducción de costos del servicio de alquiler*. Lima - Perú: Tesis Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Chang, N. (2013). *Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento preventivo para una pequeña empresa del rubro de minería para reducción de costos del servicio de alquiler*. Lima-Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Dounce, E. (1998). *La productividad en el Mantenimiento Industrial*. México: CECSA.
- Estrada y Estrada, M. (2005). *Diseño e implementación de un programa de mantenimiento preventivo para vehículos y maquinaria pesada para la empresa semavesa realizada en el Municipio de Tecún UMÁN, San Marcos*. Guatemala: Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/164367148/Implementacion-Mantenimiento-Vehiculos-y-Maquinaria-Pesada>
- Gutiérrez, M. (2009). *Confiabilidad, es la medida de la confiabilidad de un equipo y la frecuencia con lo cual ocurren las fallas en el tiempo*.

- Hernández, S., Fernández, C., & Baptista, L. (2010). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw-Hill.
- Hernández, V. (2010). *Plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada en funcionamiento de la zona vial no. 14, Dirección General de caminos, salamá, baja verapaz*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Krishnamoorthi, K. (1992). *Reliability Methods for Engineers*. University and ASQC.
- Leguizamo, P. (2011). *Gestión del mantenimiento para la sección de equipo caminero del Gobierno Municipal de Arajuno*. Riobamba-Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Newbroughe, T. (2000). *Administración de Mantenimiento Industrial*. México.
- Normas APA . (2018). *Normas APA 2018 – 6ta (sexta) edición*. Obtenido de <http://normasapa.net/2017-edicion-6/>: <http://normasapa.net/2017-edicion-6/>
- Paredes, V. (2012). *Diagrama de Pareto*.
- Puccia. (2014). *Conjunto de actividades técnicas y administrativas cuya finalidad es conservar o reestablecer un sistema, subsistema, instalación, planta, máquina, equipo, estructura, edificio, conjunto, componente o pieza en o a la condición que la permita desarrollar s*.
- Rodriguez, M. (2012). *Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento basado en la mantenibilidad de equipos de acarreo de una empresa minera de Cajamarca*. Cajamarca-Perú: Universidad Privada del Norte.
- Rojas, C. (2014). *Mejoras en la gestión de la planificación y pautas de mantenimiento en los camiones de carguío diesel Komatsu 830E Y 930E en la Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi*. Chile: Universidad de Chile.
- Saldaña. (2013). *Mantenimiento: mas alla de la teoria*. Mexico: Macombo.

Spiegel, M. (1997). *Estadística*. México: Schaun-McGRawHill.

UCV. (2017). *Manual Normas APA*. Lima-Perú: Fondo Editorial UCV. Obtenido de Normas APA.

Universidad Cesar Vallejo. (2017). *Manualde Referencias Estilo APA*. Lima- Perú: Fondo Editorial Universidad Cesar Vallejo.

Vidal , M. (2009). *Estudio del cálculo de flota de camiones para una operación minera a cielo abierto*. Lima - Perú: Tesis Pontificia Universidad Católica del Perú.

ANEXOS

Anexo 01 Resumen de paradas 2015 – 2016.

Anexo 02 Resumen de fallas de parada según sistema.

Anexo 03 Plan de mantenimiento operativo de unidades.

Anexo 04 Fallas principales de la unidad, diagnóstico y Reparación.

Anexo 01 Resumen de paradas antes de la aplicación del plan de reingeniería

PARADAS DEL MES DE OCTUBRE 2015			
FALLAS	N°DE PARADAS	DURACIÓN	DECIMALES
AIRE ACONDICIONADO	21	48:54:32	48.9088889
CABINA	22	21:23:37	21.3936111
ESTRUCTURA	3	07:41:39	7.69416667
MANTENIMIENTO PROGRAMADO	57	182:20:12	182.336667
MONITOREO	9	01:37:04	1.61777778
MOTOR DIÉSEL	37	250:42:22	250.706111
PAYLOADMETER (PLM III)	18	28:16:50	28.2805556
RENOVA	80	87:49:52	87.8311111
SIN ASIGNAR	38	225:59:57	225.999167
SISTEMA AFEX			
SISTEMA DE DIRECCIÓN Y FRENO	9	30:18:31	30.3086111
SISTEMA DE LUBRICACIÓN	4	2:56:35	2.94305556
SISTEMA DE PROPULSIÓN	107	155:37:59	155.633056
SISTEMA ELÉCTRICO	89	109:04:28	109.074444
SISTEMA HIDRÁULICO	21	87:38:24	87.64
SUSPENSIONES	15	63:25:36	63.4266667
TOLVA	14	11:23:03	11.3841667
TRASLADO DE EQUIPO	59	14:47:48	14.7966667
VALE	69	183:55:45	183.929167
TOTAL	672	1513:54:14	1513.90389

PARADAS DEL MES DE NOVIEMBRE 2015			
FALLAS	N° DE PARADAS	DURACIÓN	DECIMALES
AIRE ACONDICIONADO	5	10:37:00	10.6166667
CABINA	20	24:55:44	24.9288889
ESTRUCTURA	7	17:46:46	17.7794444
MANTENIMIENTO PROGRAMADO	48	178:15:29	178.258056
MONITOREO	11	09:38:14	9.63722222
MOTOR DIÉSEL	48	89:41:13	81.8202778
PAYLOADMETER (PLM III)	16	42:28:13	42.4786111
RENOVA	63	94:15:01	94.2502778
SIN ASIGNAR	37	179:52:28	179.874444
SISTEMA AFEX			
SISTEMA DE DIRECCIÓN Y FRENO	18	28:48:50	29.8138889
SISTEMA DE LUBRICACIÓN	6	01:23:14	1.38722222
SISTEMA DE PROPULSIÓN	105	551:01:08	551.018889
SISTEMA ELÉCTRICO	74	113:34:23	113.573056
SISTEMA HIDRÁULICO	8	18:52:39	15.8775
SUSPENSIONES	17	67:47:45	67.7958333
TOLVA	17	150:14:34	150.242778
TRASLADO DE EQUIPO	40	11:44:53	11.7480556
VALE	59	176:20:28	176.338333
TOTAL	599	1767:18:02	1757.43944

PARADAS DEL MES DE DICIEMBRE 2015			
FALLAS	N° DE PARADAS	DURACIÓN	DECIMALES
AIRE ACONDICIONADO	9	17:04:23	17.0730556
CABINA	20	51:40:23	51.6730556
ESTRUCTURA	3	03:15:13	3.25361111
MANTENIMIENTO PROGRAMADO	54	224:26:08	224.435556
MONITOREO	2	00:13:47	0.22972222
MOTOR DIÉSEL	38	47:02:11	47.0363889
PAYLOADMETER (PLM III)	32	85:21:26	85.3572222
RENOVA	68	117:52:09	117.869167
SIN ASIGNAR	38	185:38:55	185.648611
SISTEMA AFEX			
SISTEMA DE DIRECCIÓN Y FRENO	18	16:53:05	16.8847222
SISTEMA DE LUBRICACIÓN	17	29:15:06	29.4166667
SISTEMA DE PROPULSIÓN	146	285:30:42	285.511667
SISTEMA ELÉCTRICO	91	104:15:13	104.253611
SISTEMA HIDRÁULICO	17	133:42:45	133.7125
SUSPENSIONES	41	194:37:01	194.616944
TOLVA	32	405:47:17	405.788056
TRASLADO DE EQUIPO	54	21:30:25	21.5069444
VALE	61	169:52:54	169.881667
TOTAL	741	2093:59:03	2094.14917

PARADAS DEL MES DE ENERO 2016			
FALLAS	N° DE PARADAS	DURACIÓN	DECIMALES
AIRE ACONDICIONADO	8	10:33:14	10.5538889
CABINA	14	10:38:15	10.6375
ESTRUCTURA	8	33:24:07	33.4019444
MANTENIMIENTO PROGRAMADO	56	244:33:48	244.563333
MONITOREO	6	01:11:09	1.18583333
MOTOR DIÉSEL	32	285:29:26	285.490556
PAYLOADMETER (PLM III)	37	69:27:53	69.4647222
RENOVA	54	106:12:35	106.209722
SIN ASIGNAR	22	154:26:12	154.436667
SISTEMA AFEX	3	10:48:17	10.8047222
SISTEMA DE DIRECCIÓN Y FRENO	12	21:32:06	21.535
SISTEMA DE LUBRICACIÓN	7	08:36:01	8.60027778
SISTEMA DE PROPULSIÓN	72	91:25:38	91.4272222
SISTEMA ELÉCTRICO	61	76:57:04	76.9511111
SISTEMA HIDRÁULICO	19	38:16:18	38.2716667
SUSPENSIONES	32	452:31:03	452.5175
TOLVA	15	311:32:25	311.540278
TRASLADO DE EQUIPO	46	24:13:04	24.2177778
VALE	66	197:47:21	197.789167
TOTAL	570	2149:35:56	2149.59889

PARADAS DEL MES DE FEBRERO 2016			
FALLAS	N° DE PARADAS	DURACIÓN	DECIMALES
AIRE ACONDICIONADO	18	33:35:44	33.5955556
CABINA	35	55:43:49	55.7302778
ESTRUCTURA	6	15:17:48	15.2966667
MANTENIMIENTO PROGRAMADO	62	321:37:19	321.621944
MONITOREO	13	03:24:03	3.40083333
MOTOR DIÉSEL	27	50:56:17	50.9380556
PAYLOADMETER (PLM III)	33	102:29:14	102.487222
RENOVA	59	91:41:21	91.6891667
SIN ASIGNAR	19	54:29:55	54.4986111
SISTEMA AFEX			
SISTEMA DE DIRECCIÓN Y FRENO	7	08:30:18	8.505
SISTEMA DE LUBRICACIÓN	4	02:47:30	2.79166667
SISTEMA DE PROPULSIÓN	74	223:04:12	223.07
SISTEMA ELÉCTRICO	62	126:40:27	126.674167
SISTEMA HIDRÁULICO	25	85:24:23	85.4091667
SUSPENSIONES	59	313:08:47	313.146389
TOLVA	33	187:11:42	187.195
TRASLADO DE EQUIPO	36	14:50:56	14.8488889
VALE	48	287:24:43	287.411944
TOTAL	620	1978:18:28	1978.31056

PARADAS DEL MES DE MARZO 2016			
FALLAS	N° DE PARADAS	DURACIÓN	DECIMALES
AIRE ACONDICIONADO	11	11:35:51	11.5975
CABINA	36	65:44:14	65.7372222
ESTRUCTURA	9	16:00:41	16.0113889
MANTENIMIENTO PROGRAMADO	36	220:24:00	220.4
MONITOREO	1	00:23:16	0.38777778
MOTOR DIÉSEL	47	214:45:24	214.756667
PAYLOADMETER (PLM III)	22	41:30:00	41.5
RENOVA	49	103:40:14	103.670556
SIN ASIGNAR	42	182:51:06	182.851667
SISTEMA AFEX	1	00:12:04	0.20194444
SISTEMA DE DIRECCIÓN Y FRENO	24	228:41:17	228.688056
SISTEMA DE LUBRICACIÓN	1	04:40:59	4.68305556
SISTEMA DE PROPULSIÓN	90	169:49:32	169.825556
SISTEMA ELÉCTRICO	46	45:48:00	45.8
SISTEMA HIDRÁULICO	21	41:56:26	41.9405556
SUSPENSIONES	53	375:01:41	375.028056
TOLVA	26	114:01:04	114.017778
TRASLADO DE EQUIPO	49	14:36:43	14.6119444
VALE	67	614:52:22	614.872778
TOTAL	631	2466:34:54	2466.5825

PARADAS DEL MES DE ABRIL 2016			
FALLAS	N° DE PARADAS	DURACIÓN	DECIMALES
AIRE ACONDICIONADO	8	19:43:50	19.7305556
CABINA	16	33:03:45	33.0625
ESTRUCTURA	11	10:44:09	10.7358333
MANTENIMIENTO PROGRAMADO	47	365:43:26	365.723889
MONITOREO	16	05:24:24	5.40666667
MOTOR DIÉSEL	35	1341:47:41	1341.92806
PAYLOADMETER (PLM III)	24	27:40:34	27.6761111
RENOVA	49	81:09:46	81.1627778
SIN ASIGNAR	20	120:55:03	120.9175
SISTEMA AFEX	2	03:07:39	3.1275
SISTEMA DE DIRECCIÓN Y FRENO	14	43:35:17	43.5880556
SISTEMA DE LUBRICACIÓN	2	03:30:32	3.64222222
SISTEMA DE PROPULSIÓN	100	235:23:31	235.391944
SISTEMA ELÉCTRICO	74	119:42:26	119.707222
SISTEMA HIDRÁULICO	23	45:48:42	45.8116667
SUSPENSIONES	42	644:05:20	644.088889
TOLVA	8	28:08:34	28.1427778
TRASLADO DE EQUIPO	43	15:13:01	15.2169444
VALE	46	609:44:57	609.749167
TOTAL	580	3754:32:37	3754.81028

PARADAS DEL MES DE MAYO 2016			
FALLAS	N° DE PARADAS	DURACIÓN	DECIMALES
AIRE ACONDICIONADO	8	09:02:58	9.04944444
CABINA	20	47:31:32	47.5255556
ESTRUCTURA	12	34:55:40	34.9277778
MANTENIMIENTO PROGRAMADO	49	410:52:51	410.880833
MONITOREO	3	01:28:01	1.46694444
MOTOR DIÉSEL	40	45:16:21	45.2725
PAYLOADMETER (PLM III)	59	128:26:09	128.435833
RENOVA	41	59:15:35	59.2597222
SIN ASIGNAR	32	206:06:10	206.102778
SISTEMA AFEX			
SISTEMA DE DIRECCIÓN Y FRENO	17	25:47:56	25.7988889
SISTEMA DE LUBRICACIÓN	4	06:19:56	6.33222222
SISTEMA DE PROPULSIÓN	104	200:24:15	200.404167
SISTEMA ELÉCTRICO	83	122:13:50	122.230556
SISTEMA HIDRÁULICO	25	81:00:28	81.0077778
SUSPENSIONES	32	86:15:04	86.2511111
TOLVA	18	46:29:12	46.4866667
TRASLADO DE EQUIPO	45	33:43:23	33.7230556
VALE	69	303:15:25	303.256944
TOTAL	661	1848:24:46	1848.41278

PARADAS DEL MES DE JUNIO 2016			
FALLAS	N° DE PARADAS	DURACIÓN	DECIMALES
AIRE ACONDICIONADO	3	03:30:57	3.51583333
CABINA	27	16:19:30	16.325
ESTRUCTURA	20	101:30:51	101.514167
MANTENIMIENTO PROGRAMADO	38	264:47:45	264.795833
MONITOREO	9	02:41:03	2.68416667
MOTOR DIÉSEL	21	29:47:37	29.7936111
PAYLOADMETER (PLM III)	10	08:23:41	8.39472222
RENOVA	85	156:47:02	156.783889
SIN ASIGNAR	40	287:17:59	287.299722
SISTEMA AFEX			
SISTEMA DE DIRECCIÓN Y FRENO	13	28:25:31	28.4252778
SISTEMA DE LUBRICACIÓN	12	68:34:22	68.5727778
SISTEMA DE PROPULSIÓN	82	304:50:20	304.838889
SISTEMA ELÉCTRICO	59	88:49:58	88.8327778
SISTEMA HIDRÁULICO	12	16:43:17	16.7213889
SUSPENSIONES	22	51:08:28	51.1411111
TOLVA	15	130:22:58	130.382778
TRASLADO DE EQUIPO	40	24:11:47	24.1963889
VALE	30	100:08:25	100.140278
TOTAL	538	1684:21:31	1684.35861

PARADAS DEL MES DE JULIO 2016			
FALLAS	N° DE PARADAS	DURACIÓN	DECIMALES
AIRE ACONDICIONADO	6	05:21:13	5.35361111
CABINA	32	132:53:19	132.888611
ESTRUCTURA	11	86:32:08	86.5355556
MANTENIMIENTO PROGRAMADO	40	521:40:09	521.669167
MONITOREO	2	00:22:51	0.38083333
MOTOR DIÉSEL	35	188:15:04	188.251111
PAYLOADMETER (PLM III)	21	101:55:58	101.932778
RENOVA	62	143:31:53	143.531389
SIN ASIGNAR	27	172:04:31	172.075278
SISTEMA AFEX			
SISTEMA DE DIRECCIÓN Y FRENO	8	27:46:25	27.7736111
SISTEMA DE LUBRICACIÓN	8	13:47:48	13.7966667
SISTEMA DE PROPULSIÓN	75	134:29:41	134.494722
SISTEMA ELÉCTRICO	68	91:14:06	91.235
SISTEMA HIDRÁULICO	14	38:12:34	38.2094444
SUSPENSIONES	19	43:42:48	43.7133333
TOLVA	12	49:08:16	49.1377778
TRASLADO DE EQUIPO	28	24:42:34	24.7094444
VALE	43	106:17:26	106.290556
TOTAL	511	1881:58:44	1881.97889

PARADAS DEL MES DE AGOSTO 2016			
FALLAS	N° DE PARADAS	DURACIÓN	DECIMALES
AIRE ACONDICIONADO	5	04:58:27	4.97416667
CABINA	23	32:39:10	32.6527778
ESTRUCTURA	9	64:29:21	64.4891667
MANTENIMIENTO PROGRAMADO	33	345:46:45	345.779167
MONITOREO	3	00:27:53	0.46472222
MOTOR DIÉSEL	58	134:20:31	134.341944
PAYLOADMETER (PLM III)	21	28:05:33	28.0925
RENOVA	62	99:25:20	99.4222222
SIN ASIGNAR	21	197:29:04	197.484444
SISTEMA AFEX	2	00:24:48	0.41333333
SISTEMA DE DIRECCIÓN Y FRENO	10	13:36:21	13.6058333
SISTEMA DE LUBRICACIÓN	9	40:40:09	40.6691667
SISTEMA DE PROPULSIÓN	86	224:19:23	224.323056
SISTEMA ELÉCTRICO	91	120:31:30	120.525
SISTEMA HIDRÁULICO	28	55:53:53	55.8980556
SUSPENSIONES	9	81:37:49	81.6302778
TOLVA	11	36:31:52	36.5311111
TRASLADO DE EQUIPO	31	09:00:29	9.00805556
VALE	43	246:47:29	246.791389
TOTAL	555	1737:05:47	1737.09639

PARADAS DEL MES DE SETIEMBRE 2016			
FALLAS	N° DE PARADAS	DURACIÓN	DECIMALES
AIRE ACONDICIONADO	7	17:02:38	17.0438889
CABINA	27	64:27:53	64.4647222
ESTRUCTURA	7	42:21:47	42.3630556
MANTENIMIENTO PROGRAMADO	29	280:33:29	280.558056
MONITOREO	4	00:17:23	0.28972222
MOTOR DIÉSEL	48	69:03:00	69.05
PAYLOADMETER (PLM III)	5	05:34:06	5.56833333
RENOVA	59	88:14:42	88.245
SIN ASIGNAR	19	130:38:03	130.634167
SISTEMA AFEX	1	00:03:10	0.05277778
SISTEMA DE DIRECCIÓN Y FRENO	9	17:07:46	17.1294444
SISTEMA DE LUBRICACIÓN	3	06:26:07	6.43527778
SISTEMA DE PROPULSIÓN	70	146:59:07	146.985278
SISTEMA ELÉCTRICO	66	91:30:53	91.5147222
SISTEMA HIDRÁULICO	12	13:18:59	13.3163889
SUSPENSIONES	9	26:27:14	26.4538889
TOLVA	18	199:59:49	199.996944
TRASLADO DE EQUIPO	22	10:15:05	10.2513889
VALE	52	214:06:30	214.108333
TOTAL	467	1143:54:12	1424.46139

PARADAS DEL MES DE OCTUBRE 2016			
FALLAS	N° DE PARADAS	DURACIÓN	DECIMALES
AIRE ACONDICIONADO	6	06:05:20	6.08888889
CABINA	17	20:41:11	20.6863889
ESTRUCTURA	12	110:15:49	110.263611
MANTENIMIENTO PROGRAMADO	49	501:21:56	501.365556
MONITOREO	2	00:49:48	0.83
MOTOR DIÉSEL	54	124:08:05	124.134722
PAYLOADMETER (PLM III)	9	09:02:13	9.03694444
RENOVA	61	76:05:05	76.0847222
SIN ASIGNAR	7	25:51:16	25.8544444
SISTEMA AFEX			
SISTEMA DE DIRECCIÓN Y FRENO	11	15:13:02	15.2172222
SISTEMA DE LUBRICACIÓN	2	04:21:37	4.36027778
SISTEMA DE PROPULSIÓN	87	139:15:28	139.257778
SISTEMA ELÉCTRICO	40	128:20:27	128.340833
SISTEMA HIDRÁULICO	16	35:04:28	35.0744444
SUSPENSIONES	18	93:23:54	93.3983333
TOLVA	12	74:54:53	74.9147222
TRASLADO DE EQUIPO	42	39:04:55	39.0819444
VALE	97	497:38:53	497.648056
TOTAL	542	1901:38:20	1901.63889



PARADAS DEL MES DE NOVIEMBRE 2016			
FALLAS	N° DE PARADAS	DURACIÓN	DECIMALES
AIRE ACONDICIONADO	17	22:48:39	22.8108333
CABINA	29	108:17:59	108.299722
ESTRUCTURA	18	45:55:04	45.9177778
MANTENIMIENTO PROGRAMADO			
MONITOREO	4	01:40:00	1.66666667
MOTOR DIÉSEL	32	72:59:24	72.99
PAYLOADMETER (PLM III)	12	24:28:09	24.4691667
RENOVA	1	12:53:59	12.8997222
SIN ASIGNAR	12	05:48:01	5.80027778
SISTEMA AFEX			
SISTEMA DE DIRECCIÓN Y FRENO	19	59:27:25	59.4569444
SISTEMA DE LUBRICACIÓN	6	07:20:08	7.33555556
SISTEMA DE PROPULSIÓN	124	387:01:38	387.027222
SISTEMA ELÉCTRICO	77	125:58:08	125.968889
SISTEMA HIDRÁULICO	15	41:17:47	41.2963889
SUSPENSIONES	27	165:09:31	165.158611
TOLVA	23	489:00:14	489.003889
TRASLADO DE EQUIPO			
VALE	36	81:42:37	81.7102778
TOTAL	452	1651:48:43	1651.81194

PARADAS DEL MES DE DICIEMBRE 2016			
FALLAS	N° DE PARADAS	DURACIÓN	DECIMALES
AIRE ACONDICIONADO	17	22:48:39	22.8108333
CABINA	29	108:17:59	108.299722
ESTRUCTURA	18	45:55:04	45.9177778
MANTENIMIENTO PROGRAMADO			
MONITOREO	4	01:40:00	1.66666667
MOTOR DIÉSEL	32	72:59:24	72.99
PAYLOADMETER (PLM III)	12	24:28:09	24.4691667
RENOVA	1	12:53:59	12.8997222
SIN ASIGNAR	12	05:48:01	5.80027778
SISTEMA AFEX			
SISTEMA DE DIRECCIÓN Y FRENO	19	59:27:25	59.4569444
SISTEMA DE LUBRICACIÓN	6	07:20:08	7.33555556
SISTEMA DE PROPULSIÓN	124	387:01:38	387.027222
SISTEMA ELÉCTRICO	77	125:58:08	125.968889
SISTEMA HIDRÁULICO	15	41:17:47	41.2963889
SUSPENSIONES	27	165:09:31	165.158611
TOLVA	23	489:00:14	489.003889
TRASLADO DE EQUIPO			
VALE	36	81:42:37	81.7102778
TOTAL	452	1651:48:43	1651.81194

Anexo 02 Resumen de fallas de parada según sistema



SISTEMA	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL
AIRE ACONDICIONADO	21	5	9	8	18	11	8	8	3	6	5	7	6	17	15	147
CABINA	22	20	20	14	35	36	16	20	27	32	23	27	17	29	22	360
ESTRUCTURA	3	7	3	8	6	9	11	12	20	11	9	7	12	18	3	139
MONITOREO	9	11	2	6	13	1	16	3	9	2	3	4	2	4	2	87
MOTOR DIÉSEL	37	48	38	32	27	47	35	40	21	35	58	48	54	32	66	618
PAYLOADMETER (PLM III)	18	16	32	37	33	22	24	59	10	21	21	5	9	12	12	331
SISTEMA AFEX				3		1	2				2	1			1	10
SISTEMA DE DIRECCIÓN Y FRENO	9	18	18	12	7	24	14	17	13	8	10	9	11	19	11	200
SISTEMA DE LUBRICACIÓN	4	6	17	7	4	1	2	4	12	8	9	3	2	6	12	97
SISTEMA DE PROPULSIÓN	107	105	146	72	74	90	100	104	82	75	86	70	87	124	103	1425
SISTEMA ELÉCTRICO	89	74	91	61	62	46	74	83	59	68	91	66	40	77	71	1052
SISTEMA HIDRÁULICO	21	8	17	19	25	21	23	25	12	14	28	12	16	15	15	271
SUSPENSIONES	15	17	41	32	59	53	42	32	22	19	9	9	18	27	26	421
TOLVA	14	17	32	15	33	26	8	18	15	12	11	18	12	23	8	262
TOTAL																5420

Anexo 03 Reestructuración de formatos de inspección 125H.

 INSPECCION PROGRAMADA 730E 125 HORAS 			
Código Equipo:	<input type="text"/>	Hora Inicio:	<input type="text"/>
Horómetro:	<input type="text"/>	Hora Término:	<input type="text"/>
Fecha :	<input type="text"/>	Responsable:	<input type="text"/>
TRABAJOS PRELIMINARES		REALIZADO	OBSERVACIONES
		SI NO	
1	Recepción del equipo en bahía de trabajo		
2	Recepcion de fallas reportadas por el operador		
3	Realizar identificacion de peligros y evaluacion de riesgos (IPERC)		
4	Traslado del equipo a bahía de trabajo por operador autorizado apoyo de vigía		
5	Ubicar en zona de prueba de funcionamiento de equipo		
6	Pruebas de funcionamiento electrico mecanico operación.		
7	Pase a zona de trabajo en bahía de truck shop		
8	Parqueo de equipo,delimitar area de trabajo		
9	Liberar energías del equipo y bloqueo general		
10	charla de seguridad 05 minutos con grupo de trabajo		
11	Distribucion de tareas a desarrollar en el equipo		
MOTOR DIESEL CUMMINS K2000		REALIZADO	OBSERVACIONES
		SI NO	
1	Chequear nivel de aceite		
2	Chequear nivel de refrigerante		
3	Chequear visualmente estado de mangueras y ductos de admisión		
4	Chequear visualmente protectores y ductos de escape		
5	Chequear visualmente el estado de los filtros de combustible, aceite y corrosión		
6	Chequear visualmente ductos del sistema de refrigeración		
7	Chequear visualmente ductos del sistema de lubricación		
8	Chequear visualmente bomba de agua		
9	Chequear visualmente bomba de combustible		
10	Chequear visualmente el estado de los turbos		
11	Chequear visualmente soportes de motor		
12	Chequear posibles fugas de aceite por todo el motor		
13	Chequear posibles fugas de refrigerante por todo el motor		
14	Chequear visualmente estado de las fajas de motor		
15	Chequear visualmente estado de barras tensadoras de motor		
16	Realizar el sopleteo de los filtros primarios.		
17	Chequear posibles fugas por el fun clutch		
SISTEMA 24 VOLTS		REALIZADO	OBSERVACIONES
		SI NO	
1	DESCARGA DE INFORMACION DE STATEX, PLM Y CENSE.		
2	Chequear visualmente estado de todos los focos de la máquina (externos y de cabina)		
3	Chequear visualmente estado de la caja ecualizadora (cables terminales etc)		
4	Chequear visualmente estado de la caja de batería (cables, terminales etc)		
5	Chequear visualmente estado de los arrancadores (cables terminales etc)		
6	Chequear visualmente estado de alternador de 24 volts (cables terminales etc)		
7	Chequear funcionamiento de la bocina		
SISTEMA DE REFRIGERACION		REALIZADO	OBSERVACIONES
		SI NO	
1	Chequear funcionamiento del aire acondicionado		
2	Chequear funcionamiento, fugas, etc. De la calefacción		
SISTEMA DE DIRECCION		REALIZADO	OBSERVACIONES
		SI NO	
1	Chequear posibles fugas por el estanque hidráulico		
2	Chequear posibles fugas por bombas de dirección y freno (bomba trasera)		
3	Chequear posibles fugas por cilindro de dirección		
4	Chequear posibles fugas por múltiple de sangría		

5	Chequear posibles fugas por válvula amplificadora			
6	Chequear posibles fugas por mangueras de dirección			
7	Chequear visualmente el acumulador de dirección			
8	Chequear visualmente rotulas de dirección			
SISTEMA DE FRENOS		REALIZADO		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	Chequear posibles fugas en el gabinete de frenos (bloque de frenos, acumuladores mangueras etc.)			
2	Chequear posibles fugas por mangueras del sistema de frenos delanteros (en la bocamaza) traseros (en el axle box y en los caliper de los MT)			
3	Chequear posibles fugas por los sellos de freno, tuberías o nipples en mal estado en los caliper			
4	Chequear visualmente válvulas solenoides de freno de traba y parqueo			
SISTEMA DE LEVANTE		REALIZADO		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	Inspeccionar tiempos de levante de tolva			
2	Chequear posibles fugas por el cilindro de levante			
3	Chequear posibles fugas por la manguera de levante			
4	Chequear posibles fugas por la válvula de levante			
5	Chequear visualmente válvula piloto del sistema de levante			
6	Chequear límite de tolva. Verificar y/o Calibrar Carrera del Cilindro de Levante. (Carrera = Aprox. 620 mm)			
7	Chequear el estado de las mangueras en general			
SISTEMA DE ENGRASE		REALIZADO		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	Chequear visualmente estado de depósito de grasa			
2	Chequear visualmente estado de componentes del sistema de engrase			
3	Chequear visualmente que todos los puntos estén correctamente engrasados			
4	Chequear posibles fugas de grasa			
5	Chequear visualmente estado de mangueras			
	Chequear visualmente posibles fugas hidráulicas por la bomba			
6	Realice engrase de forma manual en puntos del equipo			
SUSPENSIONES		REALIZADO		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	Chequear en forma visual por posibles fugas, daño de sellos o del cromado las suspensiones delanteras, comente estado			
2	Chequear en forma visual por posibles fugas daño de sellos o del cromado las suspensiones posteriores, comente estado			
3	Chequear en forma visual estado de pernos de unión de la suspensión a la bocamaza			
4	Chequear cromado de vástago de suspensión y faldón de protección.			
5	Chequear en forma visual la altura de Suspensión			
CABINA		REALIZADO		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	Revisar reportes del operador por fallos en el equipo, anotelos			
2	Inspeccione estado de asiento del operador y cinturón de seguridad			
3	Chequear estado en general (Puertas, vidrios, asiento, luces etc)			
4	Inspeccione estado de controles en tableros de mandos			
ESTRUCTURA		REALIZADO		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	Chequear estado de la tolva por posibles fisuras			
2	Chequear estado del botapiedras			
3	Chequear por posibles abolladuras en parachoques			
4	Chequear posibles fisuras internas y/o externas en el axle box			
5	Chequear pasadores de tolva			
7	Chequear estado de pin central (pernos de sujeción estado de bearing)			
8	Chequear barra de dirección y rotulas			
9	Chequear rótulas de cilindros de dirección, levante			
10	Chequear plataforma y soportes de segundo nivel del equipo			
11	Chequear estado general de los espejos			
12	Chequear pasamanos y escaleras			
13	Chequear visualmente chasis y subchasis			
14	Chequear soportes del estanque de combustible			
15	Chequear soportes del estanque hidráulico			
16	Chequear posibles abolladuras en el estanque de combustible y fugas, revisar marcador.			
COMENTARIOS ADICIONALES:				
<div style="border: 1px solid black; height: 20px; margin-bottom: 5px;"></div> <div style="border: 1px solid black; height: 20px; margin-bottom: 5px;"></div> <div style="border: 1px solid black; height: 20px; margin-bottom: 5px;"></div>				
Nombres y Apellidos		CODIGO	FIRMA	
MECANICO LIDER			SUPERVISOR	

Anexo 04 Reestructuración de formatos de mantenimiento 250 H.

		MANTENIMIENTO PREVENTIVO CAMION 730E 250 HORAS - PM1		
Código Equipo:	<input type="text"/>	Hora Inicio:	<input type="text"/>	
Horómetro:	<input type="text"/>	Hora Término:	<input type="text"/>	
Fecha :	<input type="text"/>	Responsable:	<input type="text"/>	
TRABAJOS PRELIMINARES		REALIZADO		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	Recepción del equipo en zona de lavado			
2	Recepcion de fallas reportadas por el operador			
3	Realizar identificacion de peligros y evaluacion de riesgos (IPERC)			
4	Lavar equipo en general (estructura tolva-motor diesel)			
5	Traslado del equipo a bahia de trabajo por operador autorizado apoyo de vigia			
6	Ubicar en zona de prueba de funcionamiento de equipo			
7	Pruebas de funcionamiento electrico mecanico operación.			
8	Pase a zona de trabajo en bahia de truck shop			
9	Parque de equipo,delimitar area de trabajo			
10	Liberar energias del equipo y bloqueo general			
11	Charla de seguridad 05 minutos con grupo de trabajo			
12	Distribucion de tareas a desarrollar en el equipo			
MOTOR DIESEL CUMMINS K2000		REALIZADO		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	Revisar problemas reportados por confiabilidad			
2	Inspección visual ,verificar si existen fugas (Visualmente)			
3	Toma de muestra de aceite			
4	Cambiar aceite de motor (15W40 - 59 galones) según reporte de predictivo			
5	Cambiar filtros de aceite motor Flujo Total (NP: LF3325)			
6	Cambiar filtros de aceite motor By Pass (NP: LF7777)			
7	Reemplazar filtro de combustible (NP: FS1006)			
8	Limpiar ductos del respiradero de motor (blow-by)			
9	Revisar tensión y estado de la faja de ventilador			
10	Revisar tensión y estado de faja de alternador			
11	Revisar tensión y estado de faja de compresor de aire acondicionado			
12	Chequear estado de paletas de ventilador			
13	Revisar saturación de filtros de aire, revisar indicador en cabina			
14	Limpiar caja de filtros ciclónicos y verificar estado de filtros			
15	Inspeccionar y ajustar si es necesario ductos, bridas y gomas de admisión, agua y escape,turbos			
16	Inspeccionar estado de ductos de escape, abrazaderas de fijación			
17	Inspeccionar niveles de aceite,refrigerante de motor.			
SISTEMA HIDRAULICO		REALIZADO		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	Revisar problemas reportados por confiabilidad			
2	Inspección visual ,verificar si existen fugas en el sistema (Visualmente)			
3	Toma de muestra de aceite			
4	Chequear mangueras y valvulas del sistema hidráulico			
5	Revisar nivel de aceite del tanque hidráulico, rellenar si es necesario			
6	Cambiar filtro respiradero estanque hidráulico (NP: PB556)			
7	Inspeccionar ajuste de pernos y soportes de tanque hidraulico			
8	Inspeccionar, limpiar posible fuga por gabinete de frenos			
9	Inspeccionar desgaste de frenos de estacionamiento, comente su estado			
10	Inspeccionar desgaste de frenos servicio, comente su estado			
11	Chequear ajuste de pernos en seguros de bearing inferior y superio de cilindro de levante, comente el estado de bearing			
12	Chequear ajuste de pernos en seguros de Bea ring inferior y superior de suspensiones posteriores, comente estado de Bea ring			
13	Verificar y/o Calibrar Carrera del Cilindro de Levante. (Carrera = Aprox. 620 mm)			
14	Inspeccionar niveles de aceite			

SISTEMA DE DIRECCION		REALIZADO		OBSERVACIONES									
		SI	NO										
1	Revisar problemas reportados por confiabilidad												
2	Inspección visual ,verificar si existen fugas en el sistema (Visualmente)												
3	Chequear posibles fugas por bombas de dirección y freno, levante (verifique ajuste de pernos de sujeción)												
4	Chequear posibles fugas por cilindro de dirección,cromado de vástago y estado de sellos, comente estado												
5	Chequear posibles fugas por válvula de sangrado (verifique ajuste de pernos de sujeción)												
6	Chequear posibles fugas por válvula amplificadora (verifique ajuste de pernos de sujeción)												
7	Chequear posibles fugas por mangueras de dirección												
8	Chequear visualmente el acumulador de dirección												
9	Chequear visualmente rotulas de dirección (barras y cilindros)												
10	Comprobar torque de pernos de barra de dirección, pernos de sujeción en pines de cilindro de dirección a 136 kg (300 lb)-(total 10 pernos)												
11	Inspeccione estado de volante de conductor en cabina												
Frenos		REALIZADO		OBSERVACIONES									
		SI	NO										
1	Inspección de paquete de frenos (delanteras y posteriores)												
2	Revisión de fugas de aceite de frenos (delanteras y posteriores)												
3	Medición de pastillas de frenos (delanteras y posteriores)												
SUSPENSIONES		REALIZADO		OBSERVACIONES									
		SI	NO										
1	Revisar problemas reportados por confiabilidad												
2	Inspección visual ,verificar si existen fugas en el sistema (Visualmente)												
3	Chequear carga y altura de suspensiones, considere valores: <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">PRESIONES Y ALTURAS DE SUSPENSIONES</th> </tr> <tr> <th>MODELO EQUIPO</th> <th>DELANTERAS</th> <th>POSTERIORES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>730E</td> <td>09 IN 400 PSI</td> <td>11 IN 200 PSI</td> </tr> </tbody> </table>	PRESIONES Y ALTURAS DE SUSPENSIONES			MODELO EQUIPO	DELANTERAS	POSTERIORES	730E	09 IN 400 PSI	11 IN 200 PSI			
PRESIONES Y ALTURAS DE SUSPENSIONES													
MODELO EQUIPO	DELANTERAS	POSTERIORES											
730E	09 IN 400 PSI	11 IN 200 PSI											
4	Inspeccione estado de protectores de vástagos de suspensiones												
5													
SISTEMA DE ENGRASE		REALIZADO		OBSERVACIONES									
		SI	NO										
1	Revisar problemas reportados por confiabilidad												
2	Inspeccionar correcto funcionamiento del sistema y control de tiempos de engrase, realice prueba de forma manual y forma eléctrica (use switch de prueba)												
3	Inspeccionar estado de engrase en rótulas de dirección, pasador central, rótulas inferiores y superiores de suspensión trasera, pasadores de tolva, pasadores de cilindro de levante superior e inferior (5% de aditivo de bisulfuro de molibdeno) Informar estado												
4	Inspeccione y cambiar mangueras y fitting si es necesario por condición												
5	Revisar regulación de inyectores de grasa 03 bloques												
6	Rellenar recipiente de grasa (5% de aditivo de bisulfuro de molibdeno)												
7	Engrase de forma manual en puntos de lubricacion según cartilla de engrase												
8	Limpie excedente de grasa en vieja en puntos de engrase												
9	Coordine cambio de componente fallado con líder del equipo												
CABINA		REALIZADO		OBSERVACIONES									
		SI	NO										
1	Revisar problemas reportados por confiabilidad												
2	Inspeccione estado de controles de mandos en tablero,componentes electricos												
3	Chequear sellado de cabina												
4	Limpiar filtro de aire de la cabina y alojamiento del filtro												
5	Inspección de pernos de anclaje Cabina-Chasis												
6	Inspeccion de mandos de control del equipo (pedales, palanca selectora, volante)												
7	Orden y limpieza de cabina del operador												

ESTRUCTURA		REALIZADO		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	Revisar problemas reportados por confiabilidad			
2	Revisar y medir convergencia, anote valor medido			
3	Chequear chasis y sub chasis por posibles fisuras coordine o programe trabajos de reparación			
4	Chequear tolva por posibles daños fisuras en su estructura, informar estado			
MUESTRAS DE ACEITES		REALIZADO		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	Muestras de : Hidráulico, Motor, Ruedas Delanteras, Motores de Tracción Derecho e Izquierdo			
ORDEN Y LIMPIEZA		REALIZADO		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	Inspección y limpieza de área de trabajo, mantenga limpia su área de trabajo antes durante y después			

COMENTARIOS ADICIONALES:

Responsables :

Nombres y Apellidos	CODIGO	FIRMA

_____ MECANICO LIDER

_____ SUPERVISOR

Anexo 05 Creación de formatos de inspección de mangueras.



CHECKLIST DE INSPECCIÓN DE MANGUERAS DE CAMIONES 730E



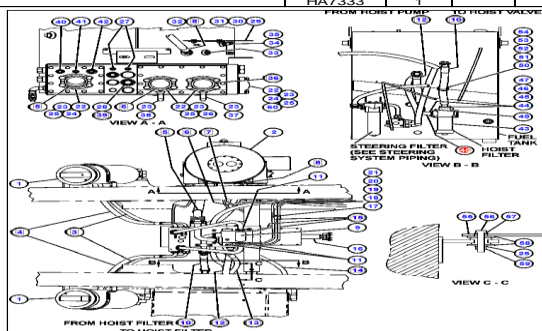
Versión 2

Código Equipo:
 Horómetro:
 Fecha :

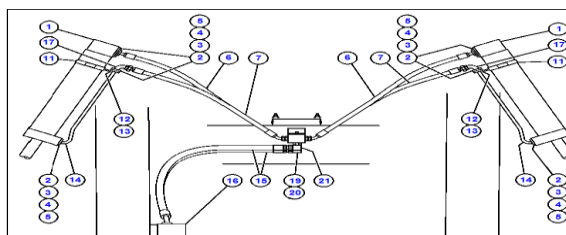
Hora Inicio:
 Hora Término:
 Responsable:

INSTRUCCIONES GENERALES		ACCIÓN CORRECTIVA
1	Identificar los modos de falla de las mangueras según listado:	
1.1	Por rozamiento entre mangueras y/o estructuras	Programar cambio de acuerdo a condición.
1.2	Procedimiento de prensado incorrecto.	Programar cambio de acuerdo a condición.
1.3	Por resequedad, escamación superficial.	Programar cambio de acuerdo a condición.
1.4	Por material defectuoso o incorrecto.	Programar cambio de acuerdo a condición.
1.5	Otros. Especificar:	Programar cambio de acuerdo a condición.
2	Verificar tiempo de uso desde su instalación (vida útil estimada: 1 año)	En caso hay alcanzado su vida útil, programar cambio por horas de uso.

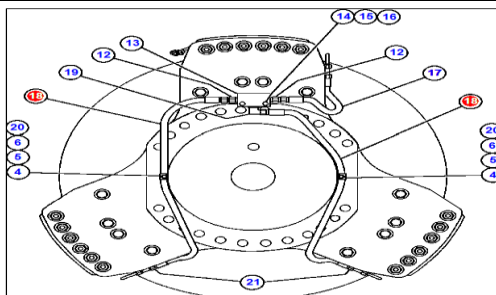
ANTES DE DETENER Y BLOQUEAR EL EQUIPO:				CRITICIDAD			
1	Redactar IPERC, formato de bloqueo y trabajo en altura.			ESTADO / REALIZADO	Riesgo incendio	OBSERVACIONES	
				OK	FALLA		
3	Hose	HA2463	2			M	
4	Hose	HA7431	2			M	
5	Hose	HA7340	1			M	
6	Hose	HA7508	1			M	
7	Hose	HA5194	1			M	
8	Hose	HA7782	1			M	
10	Hose	HA7339	1			M	
12	Hose	HA7454	1			M	
13	Hose	HA7695	1			M	
14	Hose	HA4273	1			M	
15	Hose	HA6502	3			M	
36	Hose	HA7768	1			M	
39	Hose	HA7333	1			M	



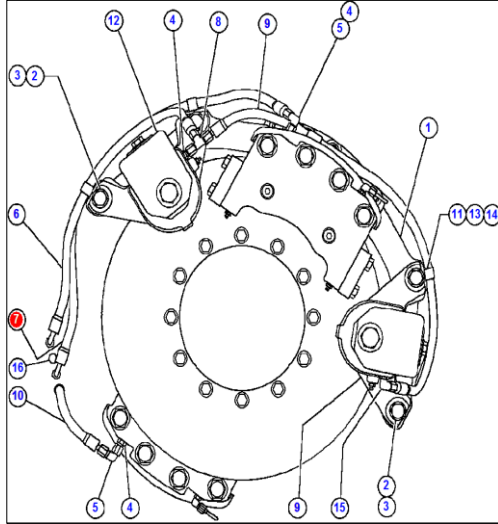
Sistema de dirección		N/P	Numero Mangs	ESTADO / REALIZADO		Riesgo incendio	OBSERVACIONES
				OK	FALLA		
6	Hose	HA7337	2			B	
7	Hose	HA0153	2			B	



Sistema de frenos frontales (para derecho e izquierdo)		N/P	Numero Mangs	ESTADO / REALIZADO		Riesgo incendio	OBSERVACIONES
				OK	FALLA		
17	Hose	HA5949	2			B	
18	Hose	HA5944	4			B	



Sistema de frenos posteriores (para derecho e izquierdo)		N/P	Numero Mangs	ESTADO / REALIZADO		Riesgo incendio	OBSERVACIONES
				OK	FALLA		
6	Hose - Al ensamble de freno superior	HA6704	2			B	
7	Hose - Al ensamble de freno de parqueo	HA6554	2			B	
9	Hose - Entre ensambles de freno de parqueo	HA6550	2			B	
10	Hose	HA6703	2			B	



OBSERVACIONES

Responsables :

NOMBRES Y APELLIDOS		CODIGO MBM	FIRMA

INSPECTOR

Anexo 06 Reestructuración de formatos del sistema de engrase.

ANEXO 2

CARTILLA DE ENGRASE

CAMION 730E - KOMATSU

Tipo Grasa : Albida HDX2 - Shell

Frecuencia : 6 días

Fecha :

Nº Equipo :

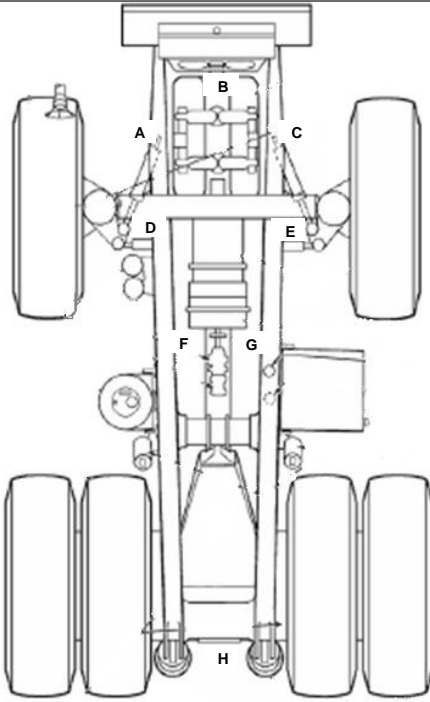
Horómetro :

Hora Inicio :

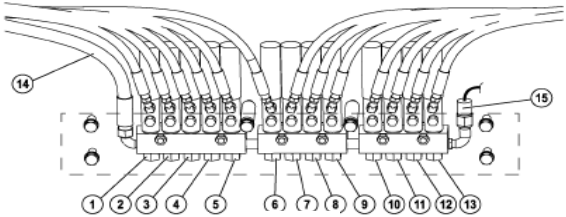
Fecha:

REVISION PRELIMINAR		
ITEM	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
1	Verificar todos los Equipos de engrase deben estar en perfectas condiciones de operación	
2	Asegúrese que el motor se encuentre apagado	
	Fitting deben estar 100 % Operativos y Limpios, caso contrario, cambiar	
1	DESPUES DE ENGRASAR ASEGURESE QUE SALGA TODA LA GRASA VIEJA	
2	Los inyectores deben engrasar en todos los puntos del sistema centralizado	

CANTIDAD GRASA (GRAMOS)								
Puntos	A	B	C	D	E	F	G	H



A. Parte delantera Cilindro de Direccion LH
B. Trunion Frontal
C. Parte Delantera Cilindro de Direccion RH
D. Parte Posterior Cilindro de Direccion LH
E. Parte Posterior Cilindro de Direccion RH
F. y G. Cardanes
H. Inyectores de Lubricacion Posterior



Detalle H

1. Parte Inferior Suspension LH
2. Parte Superior Suspension LH
3. Perno Articulado de Estructura Superior LH
4. Parte Superior de Cilindro de levante LH
5. Barra Anti-Balanceo LH
6. Parte Inferior de Cilindro de Levante LH
7. Barra Anti-Balanceo RH
8. Perno Articulado de Eje Posterior
9. Parte Inferior de Cilindro de Levante RH
10. Parte Superior de Cilindro de levante RH
11. Perno Articulado de Estructura Superior RH
12. Parte Superior Suspension RH
13. Parte Inferior Suspension RH
14. Suministro de Grasa
15. Switch de Presion 13790 kPA (2000 Psi)

PUNTOS DE ENGRASE CAMION

COMENTARIOS :

Responsable

Supervisor

Anexo 07 Reestructuración de control eléctrico de motores eléctricos.

MEGADO DE COMPONENTES ELECTRICOS DE POTENCIA CAMIÓN 730E-7

CODIGO DE EQUIPO	NUMERO INTERNO	RESPONSABLE
HOROMETRO	FECHA	

Megeer: Alternador principal

Punto de medición	Escala de 500 Voltios	Punto de medición	Escala de 500 Voltios
Fase 01		Terciario AFSE	
Fase 02		Terciario MFSE	
Fase 03		Rotor del Alternador	

Megeer: Motor de tracción derecho		Megeer: Motor de tracción izquierdo	
Punto de medición	Escala de 500 Voltios	Punto de medición	Escala de 500 Voltios
Campo		Campo	
Armadura		Armadura	

Resistencia de sensores: Motor de tracción derecho

Sensor de velocidad	Condición	Valor Nominal	Valor medido
	Entre Cables Blanco y Negro	150 Ω	
	Entre Cable Blanco y Tierra	Infinito	
	Entre Cable Negro y Tierra	Infinito	
Sensor de temperatura	Condición	Valor Nominal	Valor medido
	Entre Cables Blanco y Negro	100 \pm 15 Ω	
	Entre Cables Blanco y Rojo	100 \pm 15 Ω	
	Entre Cables Negro y Rojo	0 Ω	

Resistencia de sensores: Motor de tracción izquierdo

Sensor de velocidad	Condición	Valor Nominal	Valor medido
	Entre Cables Blanco y Negro	150 Ω	
	Entre Cable Blanco y Tierra	Infinito	
	Entre Cable Negro y Tierra	Infinito	
Sensor de temperatura	Condición	Valor Nominal	Valor medido
	Entre Cables Blanco y Negro	100 \pm 15 Ω	
	Entre Cables Blanco y Rojo	100 \pm 15 Ω	
	Entre Cables Negro y Rojo	0 Ω	

Megeer: Blower izquierdo		Megeer: Blower derecho	
Punto de medición	Escala de 500 Voltios	Punto de medición	Escala de 500 Voltios
Blower 01		Blower 02	

Evaluación de fuente rectificadora principal:

Punto de medición	Valor obtenido	Punto de medición	Valor obtenido
Diodo 01		Diodo 04	
Diodo 02		Diodo 05	
Diodo 03		Diodo 06	

LIDER DE FLOTA

SUPERVISOR DE GUARDIA

Anexo 08 Reestructuración de control eléctrico de potencia.

MEDICION DE CARBONES MOTORES DE TRACION CAMIONES 730E																																									
Código Equipo:	<input style="width: 90%;" type="text"/>																																								
Horómetro:	<input style="width: 90%;" type="text"/>																																								
Fecha :	<input style="width: 90%;" type="text"/>																																								
Hora Inicio:	<input style="width: 90%;" type="text"/>																																								
Hora Término:	<input style="width: 90%;" type="text"/>																																								
Responsable:	<input style="width: 90%;" type="text"/>																																								
Medida mínima permisible = 1 pulgada																																									
MOTOR DE TRACCIÓN IZQUIERDO	MOTOR DE TRACCIÓN DERECHO																																								
Fila = desde posición 10 en punto en sentido horario	Fila = desde posición 10 en punto en sentido horario																																								
Columna = interior hacia exterior	Columna = interior hacia exterior																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">C</td> <td style="width: 10%;">A</td> <td style="width: 10%;">B</td> <td style="width: 10%;">C</td> <td style="width: 10%;">D</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	C	A	B	C	D	1					2					3					<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">C</td> <td style="width: 10%;">A</td> <td style="width: 10%;">B</td> <td style="width: 10%;">C</td> <td style="width: 10%;">D</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	C	A	B	C	D	1					2					3				
C	A	B	C	D																																					
1																																									
2																																									
3																																									
C	A	B	C	D																																					
1																																									
2																																									
3																																									
BLOWER DE GRILLAS																																									
Medida mínima permisible = 1 pulgada																																									
BLOWER IZQUIERDO	BLOWER DERECHO																																								
Fila = desde posición 10 en punto en sentido horario	Fila = desde posición 10 en punto en sentido horario																																								
Columna = interior hacia exterior	Columna = interior hacia exterior																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">C</td> <td style="width: 10%;">A</td> <td style="width: 10%;">B</td> <td style="width: 10%;">C</td> <td style="width: 10%;">D</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	C	A	B	C	D	1					2					<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">C</td> <td style="width: 10%;">A</td> <td style="width: 10%;">B</td> <td style="width: 10%;">C</td> <td style="width: 10%;">D</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	C	A	B	C	D	1					2														
C	A	B	C	D																																					
1																																									
2																																									
C	A	B	C	D																																					
1																																									
2																																									
ALTERNADOR PRINCIPAL																																									
Medida mínima permisible = 1 a 1 1/2 pulgada																																									
Fila = Primero de la izquierda en sentido antihorario Columna = interior hacia exterior																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">C</td> <td style="width: 10%;">A</td> <td style="width: 10%;">B</td> <td style="width: 10%;">C</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		C	A	B	C	1				2																															
C	A	B	C																																						
1																																									
2																																									
Responsables :																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="text-align: left;">Nombres y Apellidos</th> </tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> </table>	Nombres y Apellidos								<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="text-align: left;">MBM</th> </tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> </table>	MBM																															
Nombres y Apellidos																																									
MBM																																									
SUPERVISOR	PLANEAMIENTO																																								

Anexo 09 Reestructuración de control de sistema hidráulico.



CHEQUEO PRESIONES HIDRÁULICAS CAMIÓN 730E



Código Equipo:	<input type="text"/>	Hora Inicio:	<input type="text"/>
Horómetro:	<input type="text"/>	Hora Término:	<input type="text"/>
Fecha :	<input type="text"/>	Responsable:	<input type="text"/>

Descripción	Punto de medición	Valor nominal	Valor medido
Tiempo de descarga de acumuladores de presión		90 segundos	
Presión de acumuladores despues de 90 segundos	Acople rápido válvula bleed down	0psi	
Presión inmediatamente despues de encender el motor	Acople rápido válvula bleed down	1400psi	
Presión despues de un momento de haber encendido el motor	Acople rápido válvula bleed down	2950psi	
Presión de alivio de dirección	Válvula de distribución de aceite en parte inferior del chasis	2500psi (izquierdo)	2400
		2500psi (derecho)	2300
Presión de acumulador de dirección delantero	Parte superior de acumulador de dirección	1400psi	
Presión de acumulador de dirección trasero	Parte superior de acumulador de dirección	1400psi	

Sistema de freno:

Descripción	Punto de medición	Valor nominal	Valor medido
Presión de acumulador de freno delantero	Valvula parte superior de acumulador	1400psi	
Presión de acumulador de freno trasero	Valvula parte superior de acumulador	1400psi	
Presión de liberación de freno de parqueo	Punto PK2 en el bloque de freno	2600+/-100psi	
Presión en la cual se enciende la luz de freno de servicio	Punto BR del bloque pequeño	75+/-5psi	
Presión de frenos delanteros de servicio (aplicados)	Punto BF de bloque pequeño de freno	2500+/-100psi	
Presión de frenos traseros de servicio (aplicados)	Punto BR de bloque pequeño de freno	1700+/-75psi	
Presión de frenos de servicio delanteros (desaplicados)	Punto BF de bloque pequeño de freno	0psi	
Presión de frenos de servicio traseros (desaplicados)	Punto BR de bloque pequeño de freno	0psi	
Presión de freno de traba	Punto PP3 del bloque de freno	1500 +/-100psi	

Sistema de levante:

Descripción	Punto de medición	Valor nominal	Valor medido
Presión despues de la descarga de bomba de dirección	Punto de presión en el filfro de levante	75psi	
Presión de alivio de levante de tolva	Punto de presión en el filfro de levante	2500+/-100	No se midió
Desconectar switch de límite de tolva			
Presión de alivio de bajada de tolva	Punto de presión en el filfro de levante	1500psi	
Presión de la valvula contra balance	Punto de presión TR en el bloque de válvula trasero	3000psi en la tercera etapa	



Responsables :

Nombres y Apellidos	MBM	SERVIS

MECANICO

SUPERVISOR

Anexo 10 Creación de formatos de motor diésel.

		INSPECCION DE MOTOR K2000E DEL CAMION 730E 125 HORAS																										
Código Equipo:	<input type="text"/>	Hora Inicio:	<input type="text"/>																									
Horómetro:	<input type="text"/>	Hora Término:	<input type="text"/>																									
Fecha :	<input type="text"/>	Responsable:	<input type="text"/>																									
MOTOR DIESEL CUMMINS K2000E		REALIZADO		OBSERVACIONES																								
		SI	NO																									
2	Descargar información del Cense y Centry.																											
1	Analizar parámetros del motor , tendencias y códigos de falla.																											
1	Chequear nivel de aceite.																											
2	Chequear nivel de refrigerante.																											
3	Chequear estado de mangueras y ductos de admisión.																											
4	Chequear protectores y ductos de escape.																											
5	Chequear el estado de los filtros de combustible, aceite y corrosión.																											
6	Chequear ductos del sistema de refrigeración.																											
7	Chequear ductos del sistema de lubricación.																											
8	Chequear la bomba de agua, por fugas y/o sonidos.																											
9	Chequear la bomba de combustible.																											
10	Chequear el estado de los turbos de alta.																											
10	Chequear el estado de los turbos de baja.																											
11	Chequear los soportes de motor.																											
12	Chequear posibles fugas de aceite por todo el motor.																											
13	Chequear posibles fugas de refrigerante por todo el motor.																											
9	Revisar tensión y estado de la faja de ventilador.																											
12	Chequear estado de paletas del ventilador.																											
17	Chequear posibles fugas por el fun clutch.																											
4	Cambiar aceite de motor (15W40)																											
5	Cambiar filtros de aceite motor Flujo Total (NP: LF3325)																											
6	Cambiar filtros de aceite motor By Pass (NP: LF7777)																											
7	Cambiar filtros de combustible (NP: FS1006)																											
8	Limpiar ducto del respiradero de aire.																											
10	Revisar tensión y estado de la faja del alternador.																											
11	Revisar tensión y estado de faja de compresor de aire acondicionado.																											
13	Revisar saturación de filtros de aire.																											
16	Limpieza de la caja de los filtros de aire primario y secundario.																											
19	Tapa del radiador : sello desgastado, roturas, pérdidas.																											
25	Panel del radiador : obstruido, fugas de agua, daños en el panel.																											
26	Tubería de rebose del radiador : excesivo flujo de agua.																											
28	Depósito de expansión : nivel, excesivo de líquido, fugas, etc.																											
29	Chequear motores de arranque, operatividad, cableado y pernos de anclaje.																											
Responsables : <table border="1"> <thead> <tr> <th>Nombres y Apellidos</th> <th>MBM</th> <th>SERVIS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>					Nombres y Apellidos	MBM	SERVIS																					
Nombres y Apellidos	MBM	SERVIS																										
<div>MECANICO</div>		<div>SUPERVISOR</div>																										

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV	Código : F08-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
--	---	---

Yo GEOR ARTHUR VILLAR NAVARRO identificado con DNI N° 43337804
 egresado de la Escuela Profesional de INGENIERIA MECANICA de la
 Universidad César Vallejo, autorizo (X) , No autorizo () la divulgación y
 comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado
 " SISTEMA DE GESTION DE MANTENIMIENTO PARA FLOTA DE
CALDERAS FUENTE F30E-6 PARA TRABAJOS EN CONDICIONES
DE POTENCIA SUPERIOR A LOS 3500 HSNH. "; en
 el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo
 estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art.
 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....



FIRMA

DNI: 43337804

FECHA: 20 de 12 del 2018

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------



**ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD
DE TESIS**

Código : F06-PP-PR-02.02
Versión : 09
Fecha : 23-03-2018
Página : 1 de 1

Yo, JORGE EDUARDO WILSON LÓPEZ
....., docente de la Facultad..... DE INGENIERÍA..... y Escuela
Profesional..... ING. MECÁNICA..... de la Universidad César Vallejo TRUSILLO..... (precisar
filial o sede), revisor (a) de la tesis titulada

" SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA
Flota DE CAMIONES KOMATSU 730E-6 PARA TRABAJOS EN
CONDICIONES DE ALTITUD SUPERIOR A LOS 3500 M.S.N.M.
....."

del (de la) estudiante César Arturo Villar Navarro
....., constato que la investigación tiene un índice de
similitud de 20 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las
coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis
cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la
Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha..... Trusillo 17-NOVIEMBRE 2018.....

Jorge E. López
.....
Firma

Nombres y apellidos del (de la) docente

DNI: 17897692

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------